24730

NEDOSTAJU STRANICE 275-276

ZNANSTVENA DJELA

ZA

OPĆU NAOBRAZBU

NA SVIJET IZDAJE

JUGOSLAVENSKA AKADEMIJA ZNANOSTI
I UMJETNOSTI

KNJIGA VII.

NAUKA O ŽIVOTU BILJA

(BIOLOGIJA BILJA)

U ZAGREBU
NAKLADA JUGOSLAVENSKE AKADEMIJE
1918.

I. Stanica je osnova građe i života bilja . . . . . 8—38

1. Građa biljne stanice . . . . . 8—21
2. Fizika stanice . . . . . 21—24
3. Životna svojstva stanice . . . . . 24—32
4. Stanica kao individuum . . . . . 32—38

II. Razvitak biljke iz sjemena . . . . . 39—78

5. Građa i sastav sjemenke . . . . . 39—41
6. O klici i klijanju . . . . . 41—46
7. O pupovima, pupanju i o zimskom snu . . . . . 46—51
8. Disanje, najznatniji životni pojav biljnoga razvitka . . . . 51—58
9. Kako klica raste i o nekim općenim zakonima biljnoga rastenja 58—63
10. O osjetljivosti i gibanju klice i o nekim općenitim zakonima biljnoga gibanja . . . . . 64—78
Fototropizam . . . . . 65—70
Geotropizam . . . . . 70—74
Ostali tropizmi . . . . . 74—78

III. Život i građa vegetativnih organa višega bilja . 79—144

11. Osnovni građevni plan biljnoga tijela . . . . . 79—85
12. Kako biljka prima hranu iz zemlje i kakova je ta hrana 85—96
O rudnoj bilinskoj hrani . . . . . 90—96
13. Zadaća lista u životu biljke . . . . . 96—114
Građa i ustrojstvo lista . . . . . 97—101
Asimilacija ugljika . . . . . 101—107
Gibanje lišća . . . . . 107—113
Transpiracija . . . . . 113—114
14. O kolanju sokova biljnim tijelom . . . . . 114—128
Građa stabla . . . . . 114—119
Problem o kolanju vode . . . . . 119—125
Izlučine kao konačni produkti tvarne izmjene i organi za njihovo izlučivanje . . . . . 125—128
15. Razni tipovi hranidbe bilja . . . . . 128—144

IV. Život i građa vegetativnih organa nižega bilja 145—194

16. Glavni tipovi alaga, njihova građa i život . . . . . 145—162
17. Općene životne prilike alaga . . . . . 163—171
18. Građa i život gljiva . . . . . 171—181
19. Iz života bakterija . . . . . 181—192
20. O lišajima . . . . . 192—194

...—230

VI. Socijalni ... 23—276

27. Zadrugarstvo u biljnom svijetu. (Sinekologija bilja) . . . . 232—250
28. Simbioza u biljnom svijetu . . . . . 251—259
Simbioza bakterija . . . . . 251—254
Simbioza gljiva . . . . . 255—258
Simbioza alaga . . . . . 258—259
29. Životinje kao uzgajateljice gljiva . . . . . 259—263
30. Socijalni odnošaji mravi i višega bilja (mirmekofilija) . . . 263—267
31. Domacije i cecidije kao socijalne uredbe . . . . . 267—271
32. Kako se biljka brani od napadaja životinja. (Socijalno-obrambene prilagodbe) . . . . . 271—276

VII. Rasplod i razmnažanje bilja . . . . . 277—358

33. O rasplodu alaga i gljiva . . . . . 277—293
34. Kako se razmnažaju mahovi i paprati . . . . . 293—301
35. Cvijet služi rasplodu sjemenjača . . . . . 301—308
Oplodnja golosjemenjača . . . . . 302—305
Oplodnja skrovnosjemenjača . . . . . 305—308
26. Biologija cvijeta . . . . . 309—340
Samooplodnja ili autogamija . . . . . 310—315
Stranooplodnja ili alogamija . . . . . 315—318
Voda služi oplodnji (hidrogamija) . . . . . 318—319
Vjetar služi oprašivanju (anemogamija) . . . . . 319—321
Kukci i cvijeće (entomogamija) . . . . . 322—331
Biologijska klasifikacija cvijeća . . . . . 331—339
Oprašivanje pticama (ornitogamija) . . . . . 339—340
37. Rasprostranjenje bilja plodom i sjemenom . . . . . 341—350
38. Vegetativni rasplod bilja . . . . . 350—352
39. O zakonima križanja i o križancima . . . . . 352—358

VIII. Dodatak.

40. Psihologija bilja . . . . . 359—362
Terminologijski rječnik . . . . . 363—372
Kazalo . . . . . 373—378

Predgovor I. izdanju.

Ima još i danas obrazovanih ljudi, koji drže botanikom čovjeka, koji nosi snopove bilja u papiru, suši ih i bilježi im imena, te jao njemu, ako jednoj od njih ne bi znao imena latinskoga. Ta, i u današnjim školama jedva da su naučili više do poznavanja i opisivanja oblikâ, uza sve i najmodernije naučne osnove. Ti isti ljudi ne vide u biljci drugo do izvanjega oblika, ne vide u njoj ž i v o t a, koji se rađa i umire isto tako kao i život svakoga drugog živog bića.

Moj učitelj, tek prošle godine preminuli otac austrijskih botanika novoga doba, J u l i j e W i e s n e r, pripovijedao je nama učenicima jednom prilikom ovu istinitu zgodu: Jedan moj kolega X., profesor filologije, došao je k meni u zavod u posjete, a ja sam upotrebio tu zgodu, da mu u stakleniku pokažem nekoliko mojih miljenica. Kada sam mu među ostalima pokazao poznatu „sramežljivu" mimozu, koja je već na lak dodir naglo sklopila listiće, začuđeno me pogleda gospodin kolega i reče: „Ta zar su biljke u istinu žive?"

„Da", reći ćete mi, „taj je gospodin profesor bio doista neupućen u prirodne nauke i u svijet oko sebe! Ta, svaki naš seljak zna dobro, kako biljka raste i pupa, kako stàri i umire; on živi zajedno sa šumom, lugom i žitorodnim poljem, sve su to njegovi drugovi kao i ptice nebeske." No zato ipak ni seljak a ni mnogi čitatelj ne poznaje tajne toga biljnoga života; ne poznaje zadaće biljnoga bića u cijeloj prirodi; ne zna, kako se biljka hrani, kako diše i osjeća; ne zna, kako se biljka razplođuje i kako se brine za svoj podmladak. Današnja je n a u k a o ž i v o t u b i l j a osnov svakomu umnom gospodarstvu, njome se služi jednako i liječnik i ljekar i tehnik i tvorničar. Ta je nauka stvorila mnoge samostalne moderne nauke, kao: bakteriologiju i tehničku mikologiju (gljivarstvo), a da i ne spominjem to, da nijedna struka

modernoga naučnoga ratarstva, a osobito uzgoj bilja i bilinogojstva, upravo i nije moguća bez osnovaka, koje je stvorila nauka o životu bilja. Obrazovanomu čovjeku sve to treba da je barem u počelima poznato.

Povijest nauke uči nas, da je nauka o životu bilja nastala istom onda, kada se fizika i kemija izvila iz povoja i stala na nove osnovke, te prvi osnivači fiziologije bilja bijahu kemici i fizici, a u isto doba i liječnici. A to je i posve prirodno, jer se istom na osnovkama fizike i kemije mogoše postaviti osnovke nauke o životu bilja. To htjedoh reći samo stoga, da naglasim, da je za poimanje nauke o životu bilja nužno poznavanje osnovaka prirodnih nauka uopće. Nauku o životu bilja ne možemo prikazati onome, tko tih osnovaka nema. Stoga i čisto popularna djela o nauci o životu bilja ne mogu postići potpune svrhe, jer naprosto ne mogu biti i neškolovanome pristupačna. To je prvi razlog, radi kojega se odlučih, da pišem „naučnu knjigu" o životu bilja, kojom će se svaki zreo inteligenat moći služiti. Takove knjige nema još u hrvatskoj literaturi izuzevši Gjurašinovu popularno-naučnu knjigu u seriji još i danas vrijednih i odabranih crtica „Iz bilinskog svijeta" (knjiga 4.)[1] u kojoj je jedan dio života biljnoga prikazan popularnim načinom. U ovoj sam knjizi namjerio prikazati cijelo naše znanje o biljnome životu. To u određenu opsegu nije baš laka zadaća, te nije čudo, da je mnogo šta prikazano preusko i odveć odmjereno.

U drugu sam ruku htio udovoljiti i prilikama u našoj naučnoj literaturi; na žalost još nema općenih samostalnih dijela, kojim bi se slušači visokih škola, a i učitelji prirodnih nauka, mogli služiti. To je i razlog, da knjiga nema možda posve oblik uobičajenoga popularno-naučnog djela, koje se često gubi u bujici poetičnih riječi. A čemu i da gubimo riječi? O njemačkom klasičnom djelu ove vrste, Kernerovu „Pflanzenleben", kaže dr. Hansen u predgovoru najnovijega trećega izdanja: „Kerner se je oslobodio od poetičnoga stila i romantičnog načina pisanja, kakovim hoće prirodoslovna literatura za širi krug da ugodi svojim čitaocima. Moderni jezični artisti, koji često bez ikakva dara za pravu poeziju, a često i bez dostatna stručna znanja, obrađuju prirodne nauke na poetični način, nauci više škode nego koriste.

[1] Izdala Matica Hrvatska god. 1896.

Nauka treba oštre i bistre pojmove, a stoga se često služi i tuđim riječima, jer obični govor ne dostaje za oštro razlikovanje. Romantične prirodne nauke daju nam mjesto bistrih pojmova nedostatne, ako i blagozvučne poredbe, mjesto istinita prikaza neistinite pjesničke slike."

Nastojao sam u smislu tih riječi poći u svojoj knjizi srednjim putem između strogo naučnoga i posve popularno-naučnog prikazivanja, a koliko mi je uspjelo svladati sve poteškoće i naći tu zlatnu sredinu, prepuštam sudu svojih čitalaca.[1]

Konačno je moja ugodna dužnost, da ovdje zahvalim Jugoslavenskoj Akademiji, koja je sa osobitom pripravnošću dozvoljela opremu ove knjige s toliko brojnim ilustracijama — a time samo potpomogla razumijevanju i osvježila shvaćanje ove knjige o prirodi i životu.

Zagreb, o Uskrsu 1917. godine.

Dr. V. Vouk.

[1] Glavna literatura, koja mi je rabila pri sastavu ovoga djela i na koju upozorujem, označena je u popisu literature (str. 7.). Od posebne literature označio sam u opaskama naročito literaturu domaćih autora, da upozorim, koliko se je i kod nas radilo na tome polju nauke.

Predgovor II. izdanju.

Već se dulje vremena osjećala potreba drugoga izdanja ove knjige. Svakako je to znak, da je knjiga u ovome obliku bila podesna za uporabu širokoga kruga čitalaca. Kako mi je poznato, upotrebljavali su ovu knjigu izim slušača na visokim školama i nastavnici u srednjim školama. Budući da se Jugoslavenska Akademija za znanost i umjetnost nije mogla u nestašici sredstava odlučiti, da priredi ovo drugo izdanje, to je prepustila meni kao autoru nakladu II. izdanja, na čemu se ovdje najljepše zahvaljujem.

Obzirom na teške prilike za štampanje knjiga nijesam mogao ni pomišljati, da ovo izdanje znatno povećam, kako sam to isprva namjeravao, i stoga sam se morao zadovoljiti time, da sam na nekim znatnijim mjestima nekoja poglavlja dopunio novijim tekovinama nauke. Najveću sam pažnju posvetio ilustrativnom dijelu knjige, te sam po mogućnosti izmijenio mnoge stare slike sa novim originalnim crtežima, koje je izradio bivši preparator botaničkog zavoda g. J. Gicklhorn, na čemu mu ovdje najljepše zahvaljujem.

Zahvaljujem i asistentu botaničkog zavoda gospodinu dru. I. Horvatu, koji je sa pomnjom čitao korekture, a i nakladnoj tiskari »Tipografija«, koja je pridonijela što ljepšoj izradbi ovoga izdanja.

U Zagrebu, na Margaretinje godine 1922.

Dr. V. Vouk.

UVOD.

Dvije su vrste botanikâ. Jedni motre i izučavaju samo oblik biljke ne gledajuć u njoj živa bića; drugi promatraju i izučavaju život bilja i sve, što je sa životom biljke u vezi. Prvi stvoriše nauku o obliku bilja ili morfologiju, a drugi nauku o životu bilja ili biologiju. Povijest nas nauke uči, da je nauka o obliku bilja kud i kamo starija od nauke o životu bilja. I grčki filozofi Aristotel, Teofrast i Dioskorid bijahu botanici, i ako su opisivali ponajviše oblike korisnoga bilja. Ovaj opisni način upoznavanja bilja nalazimo i u čitavom Srednjem Vijeku, a u Novom Vijeku dolazi do vrhunca sa glasovitim Švedaninom Linnéom (g. 1707.—1778.), s kojim se počima novo doba za botaniku. I baš u doba Linnéa, kojega s pravom nazivamo osnivačem morfologijske sistematike, rodila se biologija; početkom 17. vijeka bude izumljen sitnozor ili mikroskop, a tim događajem otvorio se ljudima novi i dotad neznani svijet onkraj naših osjećala. Nizozemac Leeuwenhoek otkri svijet mikroskopskih bića, „mikrokosmos“ ili, kako ga Linné nazivaše, „chaos infusorium“. Robert Hooke otkri zatim prve biljne sastavine, stanice, a koncem istoga vijeka Englez Nehemija Grew i Talijan Marcello Malpighi napisaše već prve knjige o unutarnjoj građi bilja. A to bijaše i potrebno, jer sva nastojanja, da se upozna život biljke, prije nego što se moglo zaviriti u unutrašnjost biljke, ostadoše bezuspješna; sve, što je do toga doba bilo poznato o životu bilja, bijaše bez ikakve podloge, osnovano tek na izvanjim opažanjima. Vijek 17. možemo dakle držati preporodom botaničke nauke, a napose biologije bilja.

Biologija je bilja dakle nauka o biljnom životu. No ovaj pojam biologije nije svagda ni svagdje jednak. Jedni drže biologiju naukom o svemu živom, o čitavom svijetu organizama: to je pojam biologije u najširem smislu, u kakovu ga obično

upotrebljavaju Englezi. U botanici se pak često razlikovala biologija od fiziologije kao nauka o životu bilja u odnosu prema vanjskom svijetu, dok je fiziologija značila nauku o pojedinim životnim pojavima t. j. nauku o funkcijama života. Doista je u tom pravcu vrlo teško naći pravu granicu među jednom i drugom naukom. Wiesner, poznati osnivač biljne fiziologije, kušao je naći razliku u načinu i metodi tumačenja pojedinih pojava: fiziologija ispituje životne pojave na osnovu poznatih fizikalnih i kemijskih činjenica, pita za njihovu uzročnu vezu, osniva se dakle na načinu uzročnosti ili kauzalnosti; biologija pak nastoji naći svrhu pojava, upoznati svrhovitost ili finalnost pojava, nastoji rastumačiti teleologijsku stranu pojava. Fiziologija pita dakle: „zašto", a biologija: „čemu i u koju svrhu?" Prema tome možemo isti životni pojav tumačiti na fiziologijski i na biologijski način. Primjer: List se giblje tako, da plojka dođe u okomiti položaj prema udaru sunčanih zraka. Ovaj pojav zovemo u botanici fototropizam, a za list kažemo da je fototropan. Pitamo, zašto se list giblje u taj položaj? Odgovor: zato, jer svjetlo djeluje kao uzrok, a posljedica je tomu gibanje. Pitamo opet: čemu i u koju se svrhu list tako giblje? Odgovor: zato, da list upotrebi što više svjetla za tako zvanu asimilaciju. Pojav gibanja lista možemo dakle tumačiti na način fiziologijski i biologijski. I baš se stoga čini, da postavljanje ove razlike između biologije i fiziologije nije bilo sretno, premda poznajemo još životnih pojava, koje za danas ne možemo rastumačiti uzročnim načinom, kako je n. pr. pojav nasljeđivanja ili baštinjenja svojstava, prilagođivanja i dr. Ima naime biologâ, koji drže, da će se svaki životni pojav dati rastumačiti uzročnim načinom — to su tako zvani mehanisti —, dok drugi uvidjevši, da im za sada za tumačenje nekih životnih pojava nedostaje uzročno tumačenje, uzimaju kao uzrok svrhovitost (finalnost), koja se očituje u nekoj nepoznatoj im i uzročno neodredivoj životnoj sili, — to su tako zvani vitalisti. I tako danas stoje jedan prema drugomu dva nauka: mehanizam i vitalizam. Mehanizam nastoji sve životne pojave rješavati načinom kemijskim i fizikalnim, s pomoću metoda, koje su pristupačne našim osjećalima; radi i istražuje tako, jer se pokazalo, da je ovaj način sada doveo do utvrđenih činjenica današnje nauke, a ne diči se

time, da mu je uspjelo otkriti tajne života. U tom nastojanju ide sa devizom: što nije danas, bit će sutra! Vitalizam pak nastoji životne pojave tumačiti posebnom životnom ili vitalnom silom, koja se ne da isporediti ni s jednom nama poznatom energijom, izlaže se dakle pogibli, da se drži natprirodnom, i prelazi tako iz područja prirodnih nauka u područje filozofije; izlaže se nadalje i tome, da nepoznate i za sada nerastumačive pojave tumači novom nepoznanicom, umišljajući sebi pri tome, da je time problem života riješen. A istom je nepoznanicom nemoguće riješiti istu nepoznanicu. Stoga većina fiziologa stoji više na mehanističkom stajalištu, koje nikako ne mora poricati posebne vitalne sile, koliko je ona pristupačna fizikalnomu rješenju.

Ovdje smo nešto zakrenuli u pojmove, koji će biti istom onome jasni, koji je malo dublje zavirio u prirodne nauke, dok smo čitatelje htjeli zapravo samo uputiti o tome, što li je biologija.

Pojam biologije uzet ćemo najbolje u širem smislu, te ćemo reći, da je biologija nauka o svemu živome, a analogno tome je biologija bilja nauka o svim životnim pojavama bilja. Položaj i odnos biologije bilja prema ostalim botaničkim strukama najbolje nam prikazuje ova shema:

A.	B.
Biljka kao oblik: morfologija	Biljka kao živo biće: biologija
Izvanji oblik: izvanja morfologija ili organografija.	Unutarnji oblik: anatomija.
	Unutarnji život: fiziologija.
	Izvanji život: biologija u užem smislu ili ekologija.

Budući da su svi životni pojavi vezani na živo tijelo, to nam nije ni moguće shvatiti životne pojave, a da ne poznajemo biljno tijelo, njegov oblik a naročito unutarnju građu. Želi li tko da upozna, kako ide ura ili koji drugi stroj, to mora da se prije svega uputi u ustrojstvo i unutarnju građu toga stroja; on mora da se upozna sa svakim i najmanjim vijkom, perom ili osi i njihovom međusobnom vezom. Eto isto tako, želi li tko da upozna,

kako se biljka hrani, kako diše, kako se giblje i razmnožava, jednom riječi, kako biljka živi, to mora da se ponajprije uputi u unutarnju njenu građu, unutarnje organe i sastavne dijelove. U tu je svrhu potrebno, da biljku razudimo isto onako, kako to čini i medicinar, koji ispituje unutarnju građu čovjeka. No režemo li biljno tijelo nožem, vidjet ćemo doskora, da nas samo rezanje neće dovesti do željena cilja. Dok medicinar već rezanjem upoznaje najznatnije unutarnje organe čovječjeg tijela, srce, pluća, jetra, bubrege, žilje, sudove i mišice, to će botanik rezanjem jedva išta više opaziti do li nekih crta i pikanja, te neće prostim okom moći razabrati bilo kakove organe. Ne preostaje drugo, nego uzeti u pomoć mikroskop, koji će nas istom tada uputiti u tajne fine strukture i unutarnje građe biljnoga tijela. Tako je anatomija bilja osnova nauke o životu bilja. Prema tome se i biologija bilja mora baviti morfologijom i anatomijom, koliko je to u vezi sa životom odnosno funkcijama života.

Fiziologija je specijalna nauka biologije u širem smislu; ona se bavi izučavanjem pojedinih životnih pojava, koji su u vezi sa unutarnjom građom biljke i u odnosu prema unutarnjemu ustrojstvu njenom. Biologija u užem smislu ili, kako se danas općeno zove, ekologija (od grčke riječi *οἶκος* = kuća, dom, okolina) promatra život čitave biljke, koliko stoji u odnosu prema prilikama i činiocima izvanjega svijeta, kao što su svjetlo, toplina, voda, tlo i živa bića. Za ovaj dio biologijske nauke poznat je i naziv etologija (od grčke riječi *ἦθος* = običaj), no taj naziv više se upotrebljavao u životinjstvu, te nije podesan za nauku o životu bilja. Posve je prirodno, da ekologija upotrebljava i kauzalnu i finalnu metodu istraživanja životnih pojava, a ovaj je posljednji način, teleologijski ili svrhoviti, u ekologiji nekada prevladavao; danas je i ekologija pokročila naprijed, te upotrebljava pokus za kauzalno tumačenje. Evo primjera: Kušajmo tumačiti pojav trnja kod bilja u suhim krajevima! Čemu biljci trnje? Biolog, koji tumači životne pojave svrhovito, zadovoljio se odgovorom: trnje služi za obranu protiv životinja, koje bi u tim suhim krajevima napale biljku radi njene sočnosti. Drugi se biolog ne zadovoljava ovim odgovorom, te istražuje uzroke postajanja trnja. Pokusi u tom nastojanju uvjeravaju ga, da je uzrok tome pojavu nestašica vode, t. j. suša. U ovoj knjizi naći ćemo više takovih

primjera. Da se bar donekle pokaže razlika u tumačenju životnih pojava, postavio je biolog Neger za eksperimentalni način istraživanja, koje ide za poznavanjem uzročnih zakonitosti životnih pojava, naziv bionomija, a to znači nauka o zakonima života.

Toliko o samom pojmu biologije.

Još nam valja samo naglasiti i to, da se u nazivu i definiciji biologije krije jedna velika tajna. Govoreći o nauci o životu treba imati na umu, da nam bivstvo života nije poznato, a nije ni određeno, pače ne možemo konačno odrediti, što je živa tvar, a što li neživa. Jeste li ikada motrili suhu sjemenku? Čini se, da u njoj nema nikakova života, a ipak, kada je stavite u vlažnu zemlju, probudit će se iz nje nov život, sjemenka će proklijati. No bit će i takovih sjemenaka, koje nikako ne će proklijati, a ne poznajemo ni fizikalne ni kemijske metode, kojom bismo razlikovali žive sjemenke od nežive. Mi kažemo: život se suhe sjemenke nalazi latentno (skrovito), akoprem i opet ne znamo, što je zapravo taj život. Ovaj je problem i njegovo rješavanje glavna zadaća biologijske nauke. Mnogi su istraživači već pokušavali dokazivati, da nema prave razlike između žive i nežive tvari i da je ovu teško odrediti, ali su se konačno ipak u tome složili, da svaka živa tvar ima neka određena svojstva i oznake.

Te oznake žive tvari bile bi ove:

1. Živa se tvar sastoji poglavito od bjelančevina;
2. živa tvar neprestance izmjenjuje tvari (hranidba i disanje);
3. živa se tvar umnožava dijeljenjem;
4. živa je tvar osjetljiva i giblje se.

No vidjeli smo, da i te četiri najglavnije oznake nijesu uvijek dovoljne za razlikovanje žive tvari od nežive. Eno, ona se suha sjemenka sastoji od bjelančevine, ali se u suhom stanju ne umnožava i ne pokazuje nikakove izmjene tvari, pa se i ne giblje, a ipak je živa. No taj život pokazao se istom pod nekim određenim uvjetima. Biologija nastoji, da te uvjete života upozna.

Jednako je teško postaviti razliku između organizma životinjskog i biljnog. Laiku se doduše to čini vrlo lako, jer poznaje samo više biline i više životinje, a nije upućen u onaj mikroskopski sitni svijet, gdje se gube poznate bilinske i životinjske

oznake. Stoga je upravo nužno, da se svatko, tko hoće da upozna osnovke moderne biologije, prije svega upozna sa najglavnijim životinjskim i biljnim oblicima; istom će tada moći uspješno shvaćati osnovke biologijskih nauka. Tom će prilikom upoznati, da još i danas mnoge životne oblike svojataju za sebe i zoolozi i botanici jednako; tako vrlo niske gljive-sluznjače zovu botanici *Myxomycetes*, a zoolozi *Mycetozoa*, t. j. „gljive-životinje". Vrlo niske alge *Peridineae* zovu zoolozi *Dinoflagellata*, a tako se isto praživi ili amebe *(Amoebae)* broje i u životinjsko i u bilinsko carstvo. Ernst Haeckel zove s punim pravom sve te jednostavno građene organizme, koji nemaju značaja ni prave životinje ni prave biline, jednim imenom protisti, a to nas i upućuje na jedinstvo svega organskoga na svijetu, kako to danas opća biologija i tvrdi. Što zapravo čini značajnim bilinsko biće, to će vidjeti svaki čitalac, ako se upozna sa svim životnim pojavima biljnoga svijeta, koje donosi ova knjiga.

Ovim se ovdje nabačenim pitanjima ne kanimo dalje baviti, jer zalaze u područje općene biologijske nauke, koja se bavi izučavanjem općih, teoretičkih biologijskih problema.

Najznatnija literatura.

1. Bonnier G. et Leclerc du Sablon, Cours de botanique. Paris. 1901.

2. Clements R., Plant Physiology and Ecology. New-York, 1907.

3. Chodat R., Principes de botanique. Genève, 1907.

4. Darwin Fr. und Acton H., Practical Physiology of Plants. Cambridge, 1909.

5. Francé R. H,. Das Leben der Pflanze. (Veliko popularno-naučno djelo o životu bilja u 8 knjiga). Stuttgart, 1908.

6. Gjurašin Stj., Iz bilinskoga sv.jeta. Prirodopisne i kulturne crtice Knj. 4. Poučna Knjižnica Matice Hrvatske. Knj, XXI. 1896.

7. Haberlandt G., Physiologische Pflanzenanatomie. Leipzig, 1909,

8. Jost L., Vorlesungen über Pflanzenphysiologie. III. Aufl. Jena, 1913. (Djelo je prevedeno na francuski i engleski jezik.)

9. Kerner von Marilaun A., Pflanzenleben. Dritte Auflage, neu bearbeitet von A. Hansen. 8. Bände, Bibliographisches Institut 1913.—1915. (Klasično remek-djelo, prevedeno na engleski.)

10. Ludwig Fr, Lehrbuch der Biologie der Pflanzen. Stuttgart, 1895.

11. Migula W., Pflanzenbiologie. Schilderungen aus dem Leben der Pflanzen. Verlag Quelle u. Meyer, 1909,

12. Nathanson A., Allgemeine Botanik. Verlag Quelle u. Meyer, 1912.

13. Němec B., Anatomie a fysiologie rostlyn. V Praze, 1907.

14. Neger W., Biologie der Pflanzen auf experimenteller Grundlage (Bionomie). Stuttgart. 1913.

15. Pfeffer W., Pflanzenphysiologie, 2 Bände. Leipzig, 1897. (Prevedeno na francuski i engleski).

16. Tieghem von Ph., Traité de botanique. 2. ed. Paris, 1891.

17. Tschulok, System der Biologie in Forschung und Lehre. Verlag Fischer. Jena, 1911.

18. Verworn M., Allgemeine Physiologie. Ein Grundriss der Lehre vom Leben. Jena, 1909.

19. Vuillemin P., La biologie végétale. Paris, 1888.

20. Wagner M., Biologie unserer einheimischen Phanerogamen. Leipzig u. Berlin. Verlag Teubner, 1908.

21. Wiesner J., Anatomie und Physiologie der Pflanzen. VI. Auflage bearbeitet von K. Linsbauer. Wien, 1920.

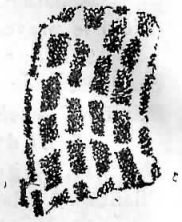
22. Wiesner J., Biologie der Pflanzen. Wien, 1913.

23. Warming-Johannsen, Lehrbuch der allgemeinen Botanik, Nach der 4. dänischen Ausgabe von P. Meinecke. Berlin, 1909.

I. Stanica je osnovka građe i života bilja.

1. Građa biljne stanice.

Prvi biljni objekat, koji je pod konac 17. vijeka sitnoslikar Robert Hooke motrio pod mikroskopom, bijaše komadić plutače. Hooke, motreći pluto pod povećalom, isporedi ga po obliku sa pčelinim saćem i nazove pojedine sastavne dijelove ćelijicama ili stanicama (cellula). Od toga vremena potječe ime stanica za najmanje biljevne građevne elemente.



Slika 1. Pluto u prerezu, kako ga je Hooke vidio i prikazao.

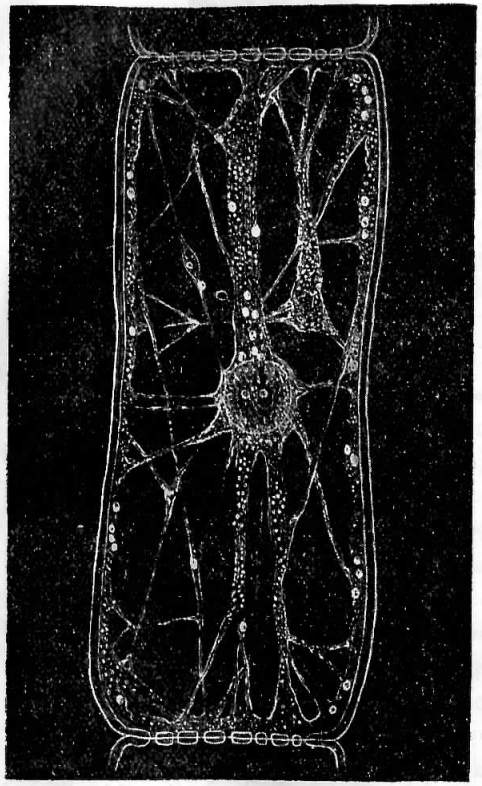
Bez dobra poznavanja tih biljnih građevnih elemenata, stanicâ, ne možemo uopće ulaziti ni u kakvo razmatranje o biljnom životu. Stanice su upravo osnovni organi biljevnoga života. Svaka je pojedina stanica jedna životna jedinica, te je svaka pojedina u životu biljke preuzela određen posao. Stoga je vrlo važno, da joj prije svega dobro upoznamo sastavine.

Osnovne sastavine stanice.

Građa pluta vrlo je jednostavna. Na prerezu pod mikroskopom vidimo prostore, omeđene tankim stijenama, koji su ispunjeni samo zrakom. Ove prazne stanice suhe su i mrtve. Živa je stanica građena i sastavljena posve drugačije.

Odrežimo jednu malu dlačicu sa stabljike buče (bundeve; *Cucurbita Pepo).* Ova nježna dlačica građena je od produženih, pačetvorinastih stanica (Slika 2.); opkoljene su vani tankom kožicom, koju zovemo staničnom stijenom ili membranom. U ovim stanicama vidimo nešta osobito: bjelkasta i gotovo prozirna sluzava tvar djelomično ispunjava sav unutarnji prostor poput kakove mreže. Neki okrugli, manji i veći prostori čine se kao da su prazni. Ona sluzava tvar najznatniji je dio same stanice,

a zove staničevina ili plazma (protoplazma). Ovaj je naziv prvi dao znameniti češki fiziolog Purkinje. Plazma je kao najbitniji dio same stanice zapravo nosilica svih životnih svojstava, pa možemo ustvrditi, da nema žive stanice bez plazme. Osim plazme vidimo u stanici one na oko prazne prostore; oni su zaista ispunjeni tekućinom, koju nazivamo stanični sok. U samoj plazmi jasno se razabira okruglo zrnce — stanična jezgra ili nukleus. Staničevina i jezgra najznatniji su organi stanice, stoga ih nalazimo u svakoj živoj stanici. Ima doduše i izuzetaka: tako n. pr. za bakterije, pa za neke modrozelene alge *(Schizophyceae)* nijesu istraživači jošte na čistu, imaju li ili nemaju prave jezgre.[1] Ima stanicâ, koje su „gole", te oko plazme nemaju stijene ili membrane. To su „primordijalne stanice"; imaju ih mnoge jednostanične mikroskopske biljčice, pa rasplodne stanice alaga ili resinâ. Mnogo ćemo češće naći biljne stanice bez staničnog soka. Sve mlade stanice, koje se nalaze u razvitku, nemaju staničnog soka; one su dupkom pune plazmom, koja je vrlo gusta i zbijena, a ima u sebi veliku jezgru (Slika 3. A). Istom se u kasnijem razvitku,



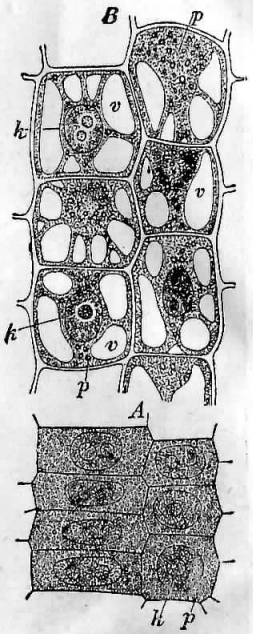
Slika 2. Stanice dlake sa stabljike od bundeve. Pov. 600 puta. Po Hansenu i Kerneru.[2]

[1] A. Heinz: Ima li bakterijski organizam obilježja prave stanice. Rad Jugoslavenske Akademije. Knjiga 141. 1899.

[2] Kerner-Hansen: Pflanzenleben III. Auflage. 19.

kada stanica biva veća, plazma razrijedi, te u njoj vidimo male mjehuriće staničnoga soka: vakuole (Slika 3. B). Ovi mjehurići rastu, budu veći, te se konačno stope u jednu veliku vakuolu, koja ispunjuje čitavi središnji prostor stanice te plazmu posve stisne uza stijenu.

Staničevina ili plazma prozirna je tvar odnosno sluzava, te je za nju teško reći, da je tekuća, a još je manje kruta, ona pokazuje u raznom stanju sve prelaze od tekuće do zgusnute i krute tvari. Najbolje označuje njeno fizikalno stanje Grahamov naziv koloid[1]. Kakove je tvari ta koloidna staničevina? Plazma je, kako rekosmo, živa tvar, a svaka je živa tvar od bjelančevinâ. To je najznačajnija kemijska crta plazme, pa nas o tome poučava kemijska nauka. Plazma, dakako, nema stalan kemijski karakter, jer se u njoj neprekidno izmjenjuju razne tvari, t. j. osim bjelančevine ponajviše ugljovodični spojevi (sladori škrob), masti i ulja, razne organske kiseline, a nešto i tvari rudne. Kemici su uvijek nastojali, ne bi li u tančine upoznali kemijsku prirodu žive tvari, te bi živu bjelančevinu mogli razlikovati od nežive. No to im još ni iz daleka nije uspjelo. Kemijska priroda bjelančevinâ toliko je komplikovana, da će proći mnogo vremena, da se posve zaviri u tajne njena sastava. Prva pomisao mnogih istraživača bijaše ta, da je osobitost žive bjelančevine upravo u građi ili strukturi, t. j. u poređaju pojedinih atoma i molekula među



Slika 3. Stanice u raznom stadiju razvoja iz kuku uzova korijena, *p* plazma, *k* jezgra, *v* vakuole. Po Sachsu (Warming-Johannsen.[2]

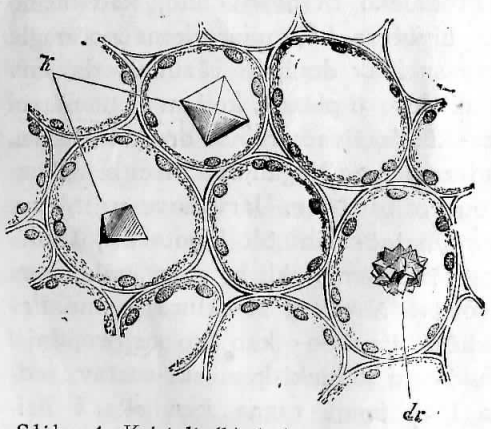
[1] Koloidi se razlikuju od kristaloida, što ne prolaze kroz životinjsku membranu. Ponajviše su to guste i sluzave tvari. Moderna je koloidna kemija pokazala, da postoje svi mogući prelazi od kristaloida pa do pravih koloida; od pravih otopina pa do suspenzija. Karakter njihov ovisi o veličini čestica, koje su u otopnom mediju raspršene.

[2] T. j. iz djela: Warming-Johannsen; Lehrbuch der allgemeinen Botanik. Berlin. Verlag Borntraeger, 1909. Sve slike iz ovoga djela označit ćemo istom kraticom.

sobom. To je mnogima i dalo povoda, ne bi li možda mikroskopom pronašli kakove značajne osobitosti u strukturi plazme.

Motrimo li žive stanice pod mikroskopom, pa i s najjačim povećanjima, vidimo bezbojnu tvar, a u njoj sitna zrnca — mikrosome: o kakovoj strukturi nema ni spomena. No biolozi su izmislili metode, da plazmu bojadišu, a time ju učiniše i jasnijom. Zato je prije svega trebalo živu stanicu tako naglo usmrtiti, da struktura i poredak u stanici ostane nepromjenjen. To se danas čini jakim otrovima, alkoholom, octenom kiselinom, osmijevom kiselinom, pikrinovom kiselinom, formolom i drugim; postupak taj zovemo fiksacijom plazme. Nakon ove fiksacije možemo plazmu bojadisati različnim, ponajviše anilinskim bojama (hematoksilin, safranin, metilen-modrilo, fuksin i dr.). Ovim su metodama mnogi istraživači kušali pronaći tu osobitu strukturu, u kojoj je navodno zagonetka života; neko vrijeme bijaše u nauci pače moda baviti se takovim istraživanjima. Plod njihov mnoge su teorije o strukturi plazme, kao: micelarna hipoteza od Nägelija, filarna hipoteza od Flemminga, granularna hipoteza od Altmanna, hipoteza o pjenastoj strukturi od Bütschlija i t. d. Predaleko bi nas vodilo, kad bismo se upuštali u razmatranje tih hipoteza, koje nijesu konačno mogle zadovoljiti biologe. U svemu su ipak donijele rezultat, da ima stanica još manjih i sitnijih dijelova u plazmi, koji su elementarni nosioci života i kojima je svaki istraživač priznao druga svojstva, ali i dao posebno ime; tako znamo za Nägelijeve micele, Wiesnerove plasome, Weissmannove biofore, Darwinove pangene i kojekakve druge nazive. Unatoč svih tih hipoteza još smo vrlo daleko od rješenja toga problema. Ali se zato ipak nema zabaciti mišljenje, da su svojstva života u strukturi plazme. Pomislimo samo na dvije različne tvari — kao što su propilni i izopropilni alkohol, koji oba imaju jednaki kemijski sustav, jednaki broj i vrstu atoma, a ipak imaju razna kemijska i fizikalna svojstva. Kemici to tumače raznim poređajem u molekulu, pa takove tvari zovu izomernima. Nijesu li možda, kažu mnogi, i svojstva života sadržana u raznom poređaju atoma u molekulima žive bjelančevine? Jedno stoji za sigurno, da je živa tvar u fizikalnom i kemijskom pogledu smjesa, ili bolje rekav heterogeni sistem raznolikih ponajviše koloidnih tvari.

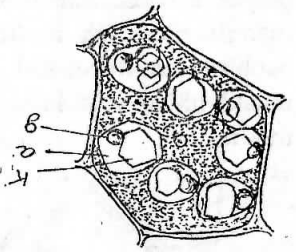
Rekosmo već, da svaka živa stanica ima po jednu staničnu jezgru. Rjeđe ćemo naći u stanici po dvije jezgre i više njih. Kod alaga i gljiva ima stanica, u kojima nalazimo i na stotine jezgara, ali su one obično mnogo manje od običnih jezgara u zelenoga višeg bilja. Jezgra je obično okrugla, ali i sploštena, te može imati i različan oblik. Već u živoj stanici možemo bez ikakve osobite preparacije razabrati u jezgri neku građu. Svaka jezgra obavijena je tankom kožicom. Tvar jezgre gusta je, a ima oblik spužve, u kojoj se nalazi jedno ili više manjih okruglih zrnaca, tako zvanih jezgricâ ili nukleola. Ako jezgru bojadišemo na isti način kao i plazmu, razlikovat ćemo u njoj jednu tvar, koja se bojadisala (hromatin), i drugu, koja se nije bojadisala (linin). I tvar jezgre sastoji se od bjelančevine, no ova je značajna po tome, što u sebi osim običnih sastavnih elemenata: ugljika, vodika, kisika, dušika, sumpora, ima još i fosfora. Tu bjelančevinu zovu nukleinom. Danas drži većina biologa jezgru vrlo znatnom u životu stanice. Bez jezgre se stanica ne može razvijati ni umnažati; ona je nosilica svih nasljednih svojstava stanice. Plazma bez jezgre jest kao tijelo bez srca.



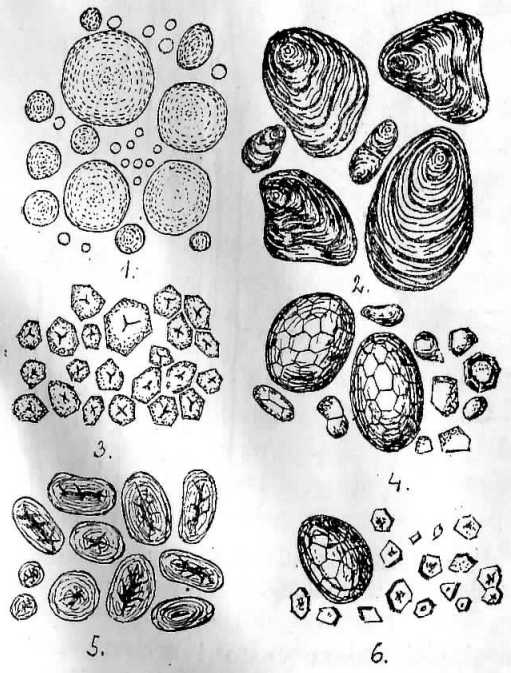
Slika 4. Kristali *(k)* kalcijeva oksalata u stanicama stabljike od begonije. *dr* Kukanac (Warming-Johannsen).

Stanični sok, o kojem smo govorili, a nalazi se u onim mjehurićima (vakuolama), redovno je kiselkast, jer sadržaje raznih organskih kiselina (četrunova, jabučna, mravinja, ceceljna kiselina i t. d.) Odatle i potječe kiselkasti okus raznog bilja, kao kiselice, zečje soce, jabuke, četruna. U tim mjehurićima ima u soku i drugih raznih tvari: sladora, trijeslovina, glukozida, mineralnih soli i kojekakvih drugih tvari. Ove tvari dolaze iz plazme, pretvaraju se ovdje i putuju opet u plazmu. Vakuola sa staničnim sokom jest, da tako rečemo, kao „želudac" stanice.

Nije to sve, što krije stanica. Često se u biljnim stanicama može naći raznih drugih tjelešaca, kao: zelena ili hlorofilna tjelešca u stanicama zelenoga lišća, ili žuta tjelešca ili hromoplasti u laticama cvijeća, o kojima ćemo do bolje prilike reći nešto više. Osim toga vrlo često nalazimo u biljnim stanicama raznolikih kristala, koji se redovno sastoje od kalcijeva oksalata, a rjeđe od kalcijeva karbonata. Oblici kristala različiti su: to su ili tetragonalne prizme, ili monoklinski sraslaci, ili svežnji vrlo tankih iglica, tako zvani rafidi, ili su mnogostruko srasli kukanci (Slika 4.). I organske tvari lede se katkada u stanici, pa i same bjelančevine ima u obliku kristala, n. pr. u sjemenkama. Ti su kristali rjeđe pravilna oblika, a ponajviše su nepravilni u obliku t. zv. aleuronskog zrnja. U sjemenkama se ricina *(Ricinus communis)*, od kojega dobivamo poznato ulje, nalazi okruglo zrnje od bjelančevina, koje se u vodi tope. Pomnjivijim istraživanjem naći ćemo u tome zrnju tjelešaca poput kristala (kristaloidi) od uleđene bjelančevine, a kraj njih se nalaze malena okrugla zrnca, globoidi, od mineralnih tvari (Slika 5.). Aleuronsko zrnje nema u drugoga bilja taj isti oblik.

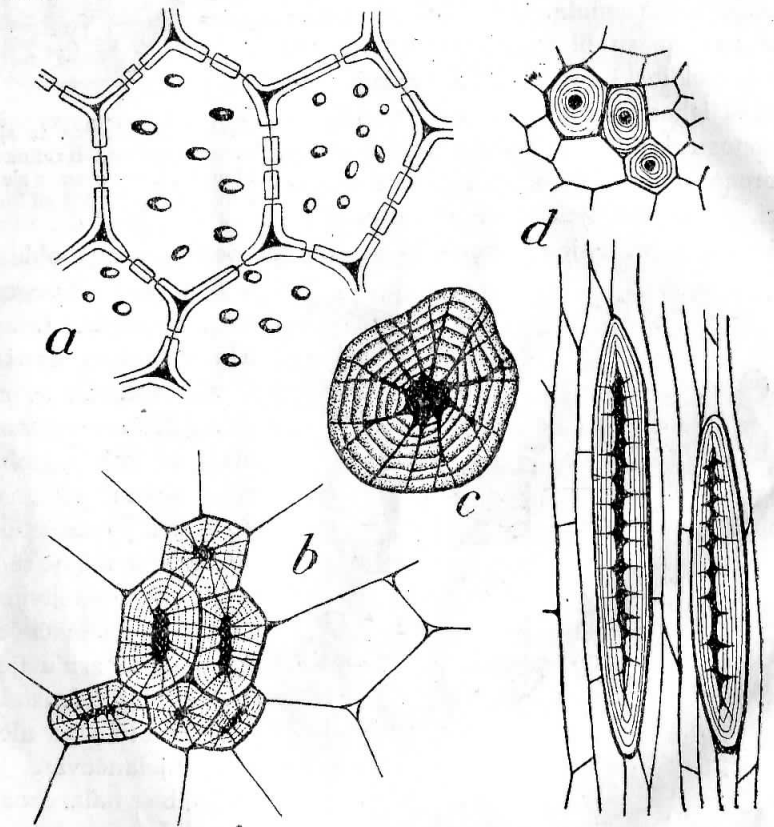


Slika 5. Stanica iz sjemenke podlana ili ricina sa aleuronskim zrnjem *a* aleuron; *k*, kristaloid; *g* globoid



Slika 6. Škrob od pšenice (1), krumpira (2), kukuruza (3), zobi (4), graha (5) i riže (6).

Vrlo važna sastavina stanice jest i škrob, o kojem ćemo kasnije napose govoriti. Značajno je, da je oblik škroba kod svake biljke drugačiji (Slika 6.); žitarice možemo n. pr. razlikovati po obliku škroba. Škrob se nalazi u staničevini u obliku okruglih, uglatih, pločastih zrnaca razne veličine, koja često pokazuju i osobitu strukturu. Od drugoga zrnja u stanici možemo ga na kemijski način vrlo lako raspoznati, jer se jodom bojadiše izrazito modro.



Slika 7. Tipovi stanica: *a*, parenhimska stanica. *b* i *c*, sklerenhimske stanice iz kruške. *d*, sklereide iz kore kininovca uzduž i poprijeko.

Mjesto škroba se u stanici nalaze često i masna ulja, n. pr. laneno, konopljino, bundevino. Ta masna ulja obično su razlivena po čitavoj stanici u obliku sad manjih sad većih kapljica.

Još bismo mogli nabrojiti veliki broj raznih organskih tvari, koje se nalaze u stanici, no sve te ostale tvari manje su znatne.

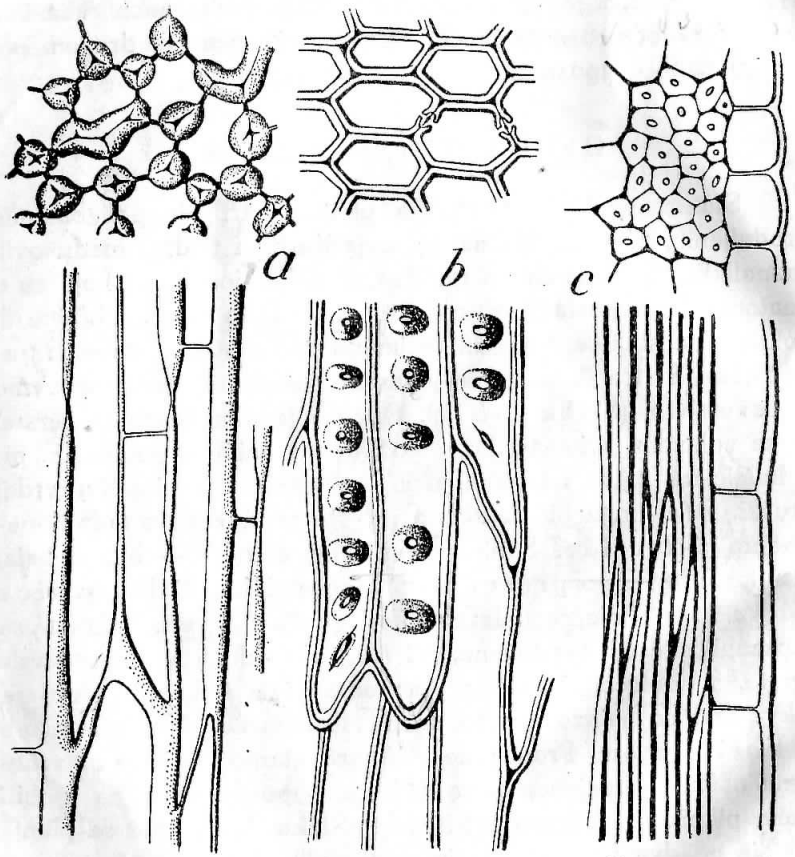
Svaka tvar u stanici ima svoje mjesto, ili je u plazmi ili u jezgri ili u vakuolama. Ovi stanični organi odijeljeni su jedan od drugoga tankom plazmatskom kožicom — membranom plazme; njom je plazma obavita. Ova tanka membrana ima osobitu zadaću u organizaciji stanice; nju ćemo u drugom poglavlju napose upoznati.

Oblik i veličina stanice.

Stanicâ ima vrlo raznolika oblika: okruglih, poligonalnih, produljenih, nitastih, vlaknastih, zvjezdastih i t. d. Između ovih raznolikih oblika možemo razlikovati neke tipove, za koje su u anatomiji bilja postavljeni stalni nazivi. Tako n. pr. okrugle ili poligonalne stanice, koje uz to imadu tanke stijene, zovemo parenhim (Slika 7. *a*), dok jednake odebljale stanice zovemo sklerenhim (Slika 7. *b* i *c*). Ove druge stanice vrlo su čvrste, te se nalaze u svim tvrdim i koščatim biljnim organima, n. pr. u košticama šljive i trešnje, u lupini lješnika i oraha ili u tvrdoj kruški. Ove mogu biti kadkada i nešto produžene, a tada ih nazivamo sklereide. Svaku produženu stanicu — bila debela, bila tanka zovemo prosenhim Stanice lika ili likovnice (Slika 8. *c*), koje se nalaze u kori grmlja i drveća, također su prosenhimske ili produžene, ali su vrlo odebljale i stoga vrlo čvrste, a upotrebljuju se za pravljenje užeta i tkanina. Ako se takve stanice nalaze u drvu, onda ih zovemo drvenčicama ili libriformom. Produžene vlaknaste stanice, koje su na vrhovima obično zaobljene, a na stijenama pobočke su na osobiti način piknjaste, zovemo traheide (Slika 8. *b*). One se piknje sastoje od dva kruga, a imaju oblik malih otvora. Građu njihovu možemo upoznati istom na prerezu. Tu vidimo, da je stijena na jednome mjestu u okrugu s obje strane nabubrila, u sredini ima mali otvor, a u tom otvoru ostala je tanka kožica, koja je opet u sredini napose odebljala poput kvržice. Tu nam građu najbolje prikazuje slika 9. Srednja tanka stijenka može se pomicati, te ona kvržica zatvara onaj otvor. Te osobite tvorevine membrane zovemo ograđene jažice ili piknje, a koliko danas znamo,

služe one kao ventili za regulaciju kolanja vode. Stanične membrane imaju često i jednostavne jažice (Slika 7. *a*), a to su samo gdjegdje neodebljali dijelovi membrane.

Stanične membrane često su odebljale i nejednoliko. Ima ih na pr. takovih, koje su odebljale u uglovima; ako su k tome još



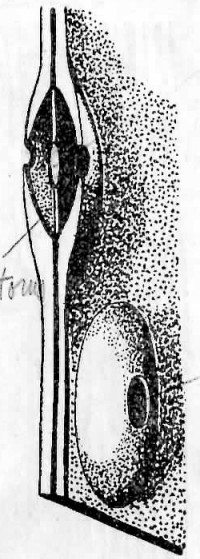
Slika 8. Tipovi stanica. *a*, kolenhim. *b*, traheide. *c*, liko, gore poprijeko, a dolje uzduž prosječene stanice.

i produžene, zovemo ih kolenhim (Slika 8. *a*). I to su čvrste stanice, te i služe za čvrstoću organa kao rebra na stabljici usnjača *(Labiatae)* i heljdača *(Polygonaceae)*.

Ako je stanica na oba kraja otvorena i vrlo duga, onda čini cijev ili traheju. Cijevi nastaju tako, da se poprečne

membrane stanicâ, koje se u redovima nalaze jedna nad drugom, naprosto rastvore. Prema osobito značajnim odebljanjima na stijenama tih cijevi razlikujemo više tipova: spiralne, prstenaste, mrežaste i piknjaste traheje. (Slika 10.). Ima i takovih cijevi, koje nijesu nimalo odebljale, ali zato imaju popriječne stijene, koje su poput rešeta ili sita probušene; zovu ih sitaste cijevi (Slika 10.). Konačno ima i razgranjenih cijevi, koje sadržavaju tekućinu poput mlijeka, t. zv. mliječni sok, po čemu se te cijevi i zovu mliječne cijevi.

Ovo nekoliko nabrojenih osnovnih oblika stanica treba dobro poznavati svatko, tko hoće da upozna ustrojstvo biljke, isto tako kao što svaki strojar treba da dobro poznaje svaki i najmanji vijak svoga stroja. Od ovih osnovnih staničnih oblika sastavljaju se biljna tkiva ili staničja, od kojih se opet izgrađuju biljni organi.

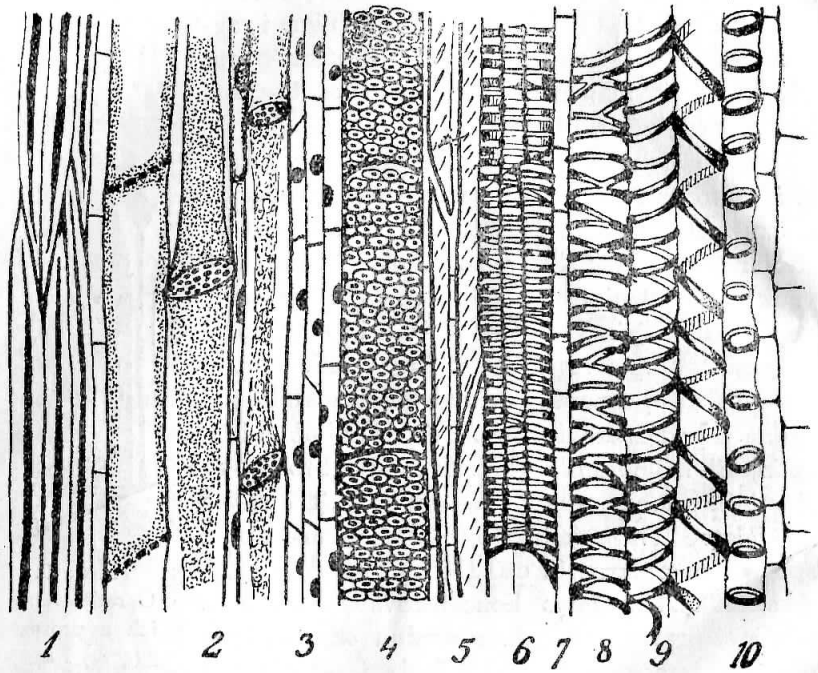


Slika 9. Ograđena jažica u prorezu (gore) i sa strane (dolje)

Još da upoznamo kemizam biljnih membrana! Jedna od najznatnijih razlika između biljnih i životinjskih membrana jest među ostalim i to, što su životinjske membrane od bjelančevina, a bilinske od takove tvari, koja pripada ugljikohidratnim spojevima, a zovu je celuloza $[(C_6H_{10}O_5)_n]$. Ako celulozi dodamo koncentrovane sumporne kiseline, pretvori se u tvar srodnu škrobu, koja od joda bude modra; isto bude i od cinkova hlorida i joda. Pripovijeda se, da je kemik Schweizer htio svježe pripravljeni amonijačni bakrov kis procijediti kroz čistu bijelu bugačicu. Kod toga bi mu se posla redovno dogodila neprilika, da bi se bugačica u lijevku razderala. Nakon odužega iskušavanja konačno se uvjerio, da amonijačni bakrov kis rastapa čistu celulozu. Po tome i nosi ta reakcija ime Schweizerova reagensa.

Sve mlade stanice, koje su u razvoju, imaju membrane od celuloze. Starije membrane nijesu uvijek od celuloze, jer se ova pretvori u druge tvari. Drvo, koje je građeno od drvenastih stanica, sastoji se od drvenaste tvari ili lignina, a to je smjesa raznih kemijskih spojeva, kao: metilfurfurola, koniferina

i vanilina[1]. Membrane plutače i uopće plutastih stanica sastoje se od plutaste tvari ili suberina; suberin je tvar od masnih spojeva. Rjeđe se pretvara celuloza u sluzi ili gumiju, odnosno u teklinu. Za gljivne stanice upravo je osobito značajno, da se ne sastoje ni od jedne dosad spomenutih tvari, nego od hitina,

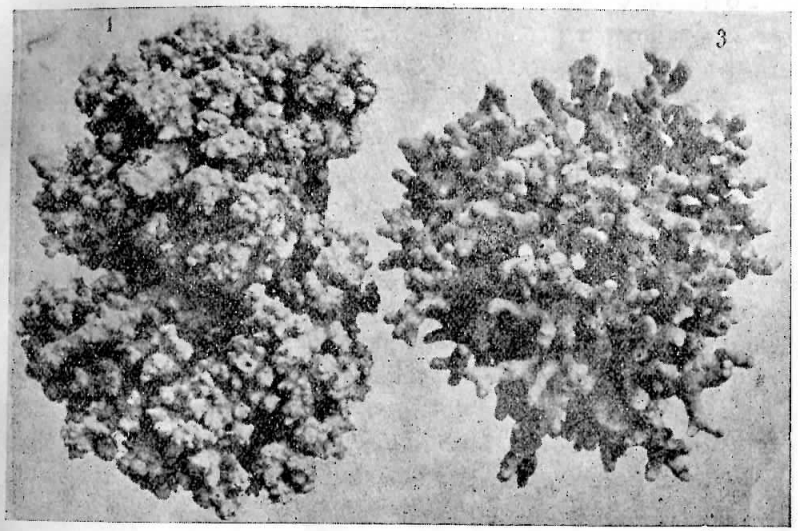


Slika 10. Tipovi stanica i cijevi. *1* stanice lika. *2* sitaste cijevi, *3* kambij, *4* cijev sa ograđenim jažicama, *5* drvenčice ili libriform, *6* cijev sa mrežastim odebljanjima, *7* drveni parenhim, *8* mrežasta cijev, *9* spiralne cijevi, *10* prstenasta cijev.

one iste tvari, od koje se sastoje i krila kukaca, i upravo po tome se i razlikuju od drugih biljnih stanica. Stoga je poznavanje kemijskih biljnih svojstava membrane često vrlo važno.

[1] Odrvenjele membrane su zapravo celulozne membrane inkrustirane raznim tvarima; ako se ove izluče ostaje nam čista celuloza. Sam lignin jest t. zv. oksiderivat celuloze. Odrvenjele se membrane mogu vrlo lako raspoznati sa nekim mikrokemijskim reakcijama: na dodatak floroglucina i solne kiseline intenzivno pocrvene, a sa anilinovim sulfatom požute.

I čvrstoća biljnih membrana različna je. Spomenute stanice likovnice dosežu često čvrstoću same ocjeli. Ako čvrstoću mjerimo djelovanjem utega na četvorni milimetar objekta, dobijemo t. zv. modul čvrstoće. Na taj je način proračunata čvrstoća lika novozeelandskoga lana *(Phormium tenax)* na 20, a kovanoga željeza na 13, ocjeli na 20. Još mnogo čvršće mogu bilinske membrane biti ako upiju razne mineralne sastavine, n. pr. vapno ili kremičnu kiselinu. U moru ima crvenih alaga *(Rhodophyceae)*, od kojih neke upiju vapno, pa se vide kao pravi koralji, a ne kao žive biline. To su n. pr. litotamniji *(Lithothamnion)*, kojih



Slika 11. Litotamniji iz Jadranskoga mora. (Po Haucku). *1. Lithothamnion mamillosum; 3. L. dentatum.*

nalazimo iz prošlih geologijskih perioda, katkada u tolikoj množini, da čine čitava brda; za ta brda onda kažemo da se sastoje od litotamnijskoga vapnenca. I tako od žive biline postaje pravi kamen. Litotamniji žive i danas u Jadranskom i u ostalim morima. (Slika 11).

Mnoge membrane upijaju i kremen. Mikroskopske jednostanične alge kremenjašice *(Diatomeae)* zovu se po tome, što su im stijenke posve od kremena; kremična se kiselina tako upila u njihove stijenke, da od ove jedva šta preostaje.

I kod trava i preslica *(Equisetaceae)* membrane su kremikom inkrustirane. Time dakako nije iscrpen broj tvari, od kojih su biljne membrane, ali ovdje se možemo zadovoljiti poznavanjem ovih znatnijih.

Sve, što smo dosada o stanici upoznali, treba da mjerimo mjerilom posve drugim, nego što to obično motrimo u životu. Motreći biljne stanice valja da se zanesemo u svijet onkraj naših osjećala, u mikroskopski svijet mikrokosmosa. Dok u običnom životu mjerimo milimetrom, centimetrom, decimetrom i metrom, služe nam u mikrokozmosu kao mjerilo tisućinke milimetra ili mikroni (0·001 mm = 1 μ). Okrugla parenhimska stanica bazgove srčike ima u promjeru po prilici 100—200 μ, stanica od pluta po prilici 50—60 μ. Ima izuzetno i većih stanica, koje možemo raspoznati i prostim okom; takove su stanice mnogih alaga *(Chaetomorpha, Spirogyra)* ili vlaknaste stanice lika, koje katkada, kao kod jute *(Corchorus capsularis)*, imaju dužinu preko 20 centimetara. Najmanje su stanice svakako stanice bakterija. Obične bakterije vrenja i gnjileža razna oblika mjere tek nekoliko mikrona u dužinu; jedan od najmanjih je bacil, koji je uzročnik influence *(Bacillus influenzae)*, a dug je tek nešto preko jednoga mikrona. Ovaj bakterij, motren najmodernijim mikroskopom, sa najjačim lećama — uopće najboljim pomagalima moderne mikroskopske optike —, vidi se tek kao jedva vidljiva crtica, a ipak je ta crtica potpun živ individuum, i neprijatelj nama opasan. Nikada zadovoljnomu čovjeku nijesu bile dosta ni ove dimenzije; duh čovječji neprestance teži pogledom u dubinu prirode, rado bi se vinuo čak i do neizmjernosti. Pa danas, ako čovječje oko još i nije prodrlo do neizmjernosti, a ono je ipak zavirilo mnogo dublje, nego je prorekao i tvrdio glasoviti optik Abbé označivši granicom čovječjega vida jednu četvrtinu jednoga mikrona. Danas imamo mikroskopa, kojima možemo raspoznavati još dijelove šezdeset puta manje od jedne četvrtinke mikrona, a to su od prilike četiri tisućinke mikrona ili četiri milijuntinke milimetra; ove dimenzije um naš jedva može da shvati. Brojčano označujemo tu današnju krajnju granicu mikroskopskoga viđenja sa 0·004 μ ili, ako tisućinku mikrona nazovemo „milimikron", pišemo tada 4 $\mu\mu$. Ove dimenzije graniče već sa veličinama proračunanim u teoriji za jedan molekul bjelančevine. Svijet,

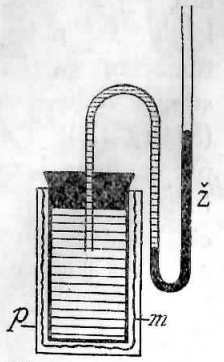
koji mjerimo tim dimenzijama, možemo nazvati — *ultramikrokosmos.*

U jednom od bližnjih poglavlja upoznat ćemo put, koji nas vodi u ovaj presitni svijet, a upoznat ćemo i p tanje, ima li još u tom svijetu možda kakovih živih bića. Ovo pitanje jednako je znatno kao i pitanje o mogućnosti života na planetama.

2. Fizika stanice.

Svaka je živa stanica jedan mali fizikalni aparat. Budući da je stanica opkoljena membranom, to razne, poglavito hranive tvari mogu ući u nju samo otopljene. Hrana će dakle „difundirati" (proljevati se) kroz membrane, a ovakovu „difuziju kroz membrane" zovemo u fizici osmozom. Stanica je dakle osmotički aparat, koji možemo predočiti pokusom. Evo ovako: Napunimo životinjski mjehur sladornom otopinom i čvrsto zavezavši stavimo ga u vodu! Što će se dogoditi? Mjehur će doskora nabubriti napunivši se vode. Slador naime privlači sa osobitom silom vodu, te ova ulazi u mjehur brže nego što slador izlazi u vodu. Od nagloga primanja vode mjehur se napeo, a tu napetost čini osmotski tlak. Nije čudo, da fizici imaju da zahvale botaniku najznatnije zakone o osmotskom tlaku, jer su botanici bili prinuđeni, da ispituju sile i zakone, koji uvjetuju primanje otopljenih tvari u stanicama. Fiziolog i botanik Pfeffer prvi je našao način, kako se mjeri taj osmotski tlak.

Htijući da predoči stanice, konstruirao je Pfeffer sličan fizikalni aparat. Zato je uzeo mali glineni valjak, kakav rabi galvanskim baterijama, i napunio ga najprije otopinom bakrenoga sulfata, da se šupljikaste stijene otopinom napune (Slika 12). Tada je izmijenio bakreni sulfat rastopinom žute krvne soli (kalijev ferocijanid). U šupljikavim stijenama nastade reakcija između obje soli, nastade talog od bakrena ferocijanida u obliku t. zv. taložne membrane. Postajanje te membrane možemo sebi još jednostavnije predočiti tako, da u otopinu kalijeva ferocijanida bacimo jedan kristal bakrena sulfata ili hlorida. Oko toga kristala nastat će jednako taložna membrana poradi taloga od bakrenoga ferocijanida. U toj membrani nalazi se sada koncentrovana otopina bakrenoga hlorida, a izvana se nalazi druga otopina. Vanjska otopina naglo prolazi kroz membranu, te se napetost ove t. zv. Traubeove stanice (nazvane



Sl. 12. Pfefferova osmotska stanica *(m)* membrana, *(p)* posuda od gline, *(ž)* živa u manometru.

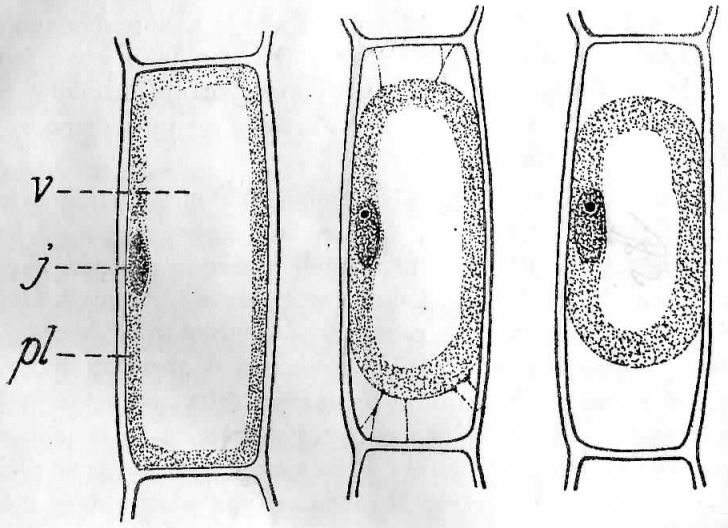
po otkrivaču Traube-u) povećava, membrana se sveudilj rasteže i postaje sve veća, tako da stanica upravo pred našim očima raste. U svoje je vrijeme ovo mehaničko rastenje Traubeove stanice pobudilo u nauci veliku senzaciju, jer su na taj način neki htjeli rastumačiti i rastenje žive stanice. Ova membrana od bakrenoga ferocijanida ima svojstvo t. zv. polupropusnosti ili semipermeabilnosti, koje pridajemo i svakoj živoj stanici; ta membrana, vrlo nježna, uložila se u Pfefferovu glinenom valjku u čvrst oklop. Valjak se na to napunio otopinom sladora i odozgor začepio, pa je tako prikazivao pravu stanicu. Kroz čep se postavila cijev, a ova se spojila sa manometrom od žive. Sada se istom stavila ova umjetna stanica u vodu; tlak je u stanici bivao sve to veći, a manometar je točno pokazivao taj pritisak ili tlak, koji se dakle može izraziti atmosferama.

Pfefferu je uspjelo proračunati osmotsku vrijednost različitih otopina i utvrditi vrlo važne osmotske zakone; najznatniji je od njih taj, da osmotski tlak stoji u omjeru sa koncentracijom otopine i da t. zv. koloidne tvarî, koje inače ne prolaze kroz životinjske membrane, imaju mnogo manju osmotsku snagu nego otopine soli (kristaloidi). Nu ti zakoni manje nas zanimaju; više nas zanima, kako se može izmjeriti osmotska snaga stanice. Drugi botanik, Nizozemac De Vries, riješio je i ovo pitanje prenesavši genijalnim načinom osmotske zakone na stanicu: Ako stavimo biljnu stanicu, n. pr. prerez kroz list koje biljke, u 10% otopinu sladora ili salitre, to ćemo pod mikroskopom opaziti, da će se u pojedinim stanicama plazma, odnosno čitavi protoplast, odijeliti od stanične membrane, te će se sve više stiskati, dok se konačno ne stisne, zajedno sa čitavom sadržinom, u malu kuglu. Taj pojav zovemo plazmolizom (λύω, odrješujem) i tumačimo ga tako, da je koncentrovana rastopina vani oduzela stanici vodu i stoga se tlak u stanici, odnosno napetost, umanjila (Slika 13.). Tu napetost u stanici zovemo turgor, a prema tome i za svaku uvenulu biljku kažemo, da je izgubila turgor i da nije više turgescentna. Ako umanjujemo koncentraciju vanjske otopine, konačno ćemo naći koncentraciju, kod koje ćemo jedva zapaziti početak plazmolize. A to će biti samo tada, kada osmotski tlak vanjske otopine bude jednak tlaku u stanici. Pošto nam je koncentracija vanjske otopine poznata, dakle i njezin osmotski tlak (po osmometru), to možemo reći, da je jednaki tlak i u stanici.

Mjereći tako osmotski tlak u stanicama sa različitim otopinama, stvorio je de Vries vrlo važni zaključak, da sve otopine, u kojima je tvar otopljena

u omjeru molekularne težine, t. zv. molarne otopine imaju jednaku osmotsku snagu — ili, kako se preciznije izrazujemo: ekvimolekularne su otopine izosmotske (ἴσος = jednak).

Kako se na ovom osnovu dalje razvijala nauka o osmotskom tlaku, nas ovdje manje zanima; tek možemo još toliko reći, da su istraživanja, poglavito glasovitoga kemika van t' Hoffa, na osnovu poredbe osmotskoga tlaka sa tlakom plinova u zatvorenu prostoru, naučila, da je djelovanje osmotskoga tlaka jednako tlaku plinova i da se osmotski tlak na membrane dade tumačiti udarcima pojedinih dijelova molekula (iona) otopljene tvari na membranu.



Slika 13. Plazmoliza stanice. *(v)* vakuola, *(pl)* plazma, *(j)* jezgra.

Za poznavanje fizike stanice važno je dakle, koliki je turgor biljnih stanica; popriječno je u biljnim stanicama 5—10 atmosfera, a to odgovara 7·5—15% otopini sladora; svakako je to razmjerno velik tlak. No to nije najveći tlak. Stanice, u kojima ima mnogo sladora, n. pr. u sladornoj repi ili u lukovici luka, dosegne turgor i do 20 atmosfera. Turgor drži biljku u napetu stanju, a u drugu ruku, n. pr. u stanicama korijena, osmotskom snagom prima i siše vodu iz zemlje; o tomu će biti osobito govora na drugom mjestu. Konačno držimo na umu, da turgor

ne sačinjava samo osmotski tlak, nego i tlak one površine, koja se nalazi u napetu stanju, pa bubrenje same plazme. Sve su to fizikalne sile, koje nam isprva jednostavnu fiziku biljne stanice čine zamršenom tako, da nauka u tom pravcu ima još vrlo mnogo posla.

3. Životna svojstva stanice.

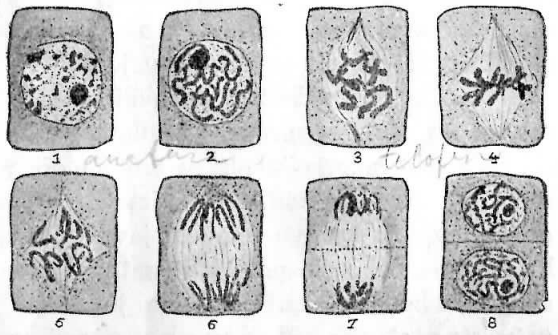
U običnom smo životu navikli motriti biljke kao živa bića, a da pri tome i ne mislimo, da svaka i najmanja stanica, od koje se biljka sastoji, imade sve oznake života. Te su oznake života ove: kemijski sastav od bjelančevine, izmjena tvari, razmnožavanje i gibanje, odnosno osjetljivost. Za prva nam je dva svojstva već poznato da ih ima svaka živa stanica, a tako isto i jednostanični organizmi. Tvarna izmjena posljedica je hranidbe bilja, odnosno hranidbe svake pojedine stanice; no time ćemo se još u kasnijim poglavljima napose baviti.

Ovdje nas više zanima treće životno svojstvo stanice, kako se naime stanica razmnaža, t. j. na koji način mogu od jedne stanice nastati dvije? Prije toga imali bismo se svakako bar dotaknuti znatnijega pitanja: kako uopće postaje stanica? Ovo je pitanje jedno od osnovnih pitanja općene biologije, a seže čak do granice prirodoslovne nauke, prelazeći u prirodnu filozofiju. Pitamo li naime, kako postaje stanica, treba da s tim u vezi postavimo tezu: kako je nastala prva stanica, a to je isto, što i pitanje: kako je nastao život? Priznajemo ipak, da je to pitanje za danas bar još više stvar shvaćanja i spekulacije nego li čiste nauke o prirodi.

Na ono prvo pitanje, kako se stanica umnožava, možemo odgovoriti s pomoću mikroskopa. Nije tome davno, da smo zavirili tako duboko u unutarnjost stanice, te smo upoznali sve one osobite promjene u strukturi stanične jezgre i protoplazme, koje nastaju u času, kada od jedne stanice nastanu dvije. Još 1867. godine držao je glasoviti botanik Hofmeister, da se stanična jezgra naprosto rastopi u plazmi, a iz plazme niknu dvije jezgre. Umnažanje stanica dijeljenjem upoznao je prvi tek prije desetak godina preminuli botanik Strasburger, negdašnji profesor u Jeni, koji je čitavi svoj život posvetio poglavito izučavanju biljne

stanice. Njemu zahvaljujemo fundamentalno otkriće, da se biljna stanica dijeli na dva dijela upravo onako kao i životinjska stanica. Ta činjenica od osnovnoga je značaja za biologiju, jer nas upućuje nedvoumno na srodnost biljne i životinjske stanice.

Tu se sjećamo osnovnoga biologijskog zakona: omne vivum ex vivo, t. j. sve živo nastaje od živoga, a ovaj možemo primijeniti na jezgru i reći: omnis nucleus e nucleo. Jezgra dakle ne nastaje nikad od plazme, nego uvijek samo od jezgre. Svako dijeljenje stanice nerazdružno je spojeno s dijeljenjem jezgre. Jezgra se pak dijeli na osobito zapleteni način, koji zovemo kariokinezom ili mitozom (mitotsko dijeljenje). Kariokineza se počinje zgušćivanjem ili grušanjem jezgre: hromatinska se tvar u jezgri na mnogo mjesta zgušćuje, te se na posljetku preobrazi u više svinutih niti, koje nazivamo hromosomima (Slika 14. *1—3*). Kada se hromosomi razvijaju, nabubri čitava jezgra, a jezgrica se počinje gubiti. U tom bubrenju jezgre počinje se membrana jezgre rastvarati na dva kraja, a prema svakom tom kraju ili polu stanu se pojavljivati vrlo tanke, gotovo prozirne niti od takovih tvari, koje se teško bojadišu anilinskim bojama. Ove se niti produžuju prema sredini stanice na obje strane poput vretena (Slika 14. *3—4*). U isto vrijeme raspukne se svaki hromosom na dvije polovice, i to upravo po čitavoj svojoj dužini, a tada se svi postave u sredinu upravo u „ekvatorijalnu" ravninu, svinuvši se pri tom poput slova *U*. Zatim jedna polovica hromosoma po nitima vretena puzi prema jednom polu, a druga polovica prema drugomu. Tu se kod polova hromosomi sve više približuju, dok se napokon ne zbliže u jedno klupko (Slika 14. *5—8*). Niti vretena stanu se gubiti, a po sredini stanice počne se opažati postanak poprečne stijene. U oba se klupka opet pojavi jezgrica, koje je za



Slika 14. Dijeljenje stanice kariokinezom.

čitavoga tog procesa nestalo, a svako klupko zgušćuje se i preobrazi u potpunu novu jezgru, koja se obavije novom membranom. U isti se mah pojavi i poprečna membrana, s time je i dijeljenje dovršeno. Tako od jedne stanice-matere nastanu dvije stanice-kćeri. Cijeli ovaj proces možemo zamisliti razdijeljen na više faza: onaj stadij, kada se jezgra raspane na hromosome, a ovi se raspuknu na dvije polovine, zvat ćemo profazom; dalji stadij, kada se hromosomi postave u središnju ekvatorijalnu ravninu, zvat ćemo metafazom; odjeljivanje i puzanje hromosoma prema polovima — anafazom, a konačno posljednji stadij zgušćivanja hromosoma u jezgru — telofazom.

Ovdje smo prikazali osnovni način, kako se biljne stanice dijele; no samo se po sebi razumije, da je to samo shema, te da ima vrlo mnogo razlika u načinu dijeljenja, a pogotovo pri dijeljenju stanica kod tajnocvjetaka *(Cryptomagae)*. Kod ovog dijeljenja pada upravo u oči pojav, kako se u profazi raspuknu hromosomi na dvije polovice; zato i pitamo za razlog ovomu cijepanju hromosoma. Utvrđeno je naime kao važan zakon o ustrojstvu stanice, da svaka stanica, dotično organizam, ima stalan i obično parni broj hromosoma. Taj broj hromosoma za srodne je vrste često jednak. Tako n. pr. kod svih golosjemenjača *(Gymnospermae)* prevlađuje broj 24, lijerovi *(Liliaceae)* imaju broj 16. To ne možemo doduše držati pravilom, jer često imaju vrste istoga roda različan broj, n. pr. *Drosera rotundifolia* ima 20, a *D. longifolia* 40 hromosoma, ili *Crepis virens* ima 6, *C. tectorum* 8, a *C. japonica* 16. Sada nam je posve razumljivo, zašto su se hromosomi raspolovili u profazi. Eto zato, da svaka stanica-kći opet dobije jednaki broj hromosoma kao i mati.

Na taj zakon o konstantnom broju hromosoma nadovezuje se drugi znatni zakon, da svaka spolna stanica ima dvostruko manji broj hromosoma nego nespolna stanica. A to slijedi iz prvoga zakona. Organizmi se razploduju oplodnjom, a to bude tako, da se spolne stanice (ponajviše jaje i spermatozoid) stope u jednu novu stanicu. Kad bi spolne stanice zadržale potpuni broj hromosoma, imao bi novi individuum, koji će nastati oplodnjom, dvostruki broj hromosoma, a slijedeća generacija imala bi već četverostruki broj,

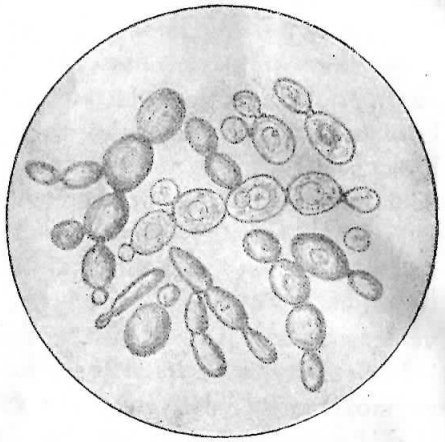
i tako bi to išlo u neizmjernost. Priroda se tomu neskladu uklonila tako, da se za stvaranja spolnih stanica (jajeta, spermatozoida) umanji u njima broj hromosoma na polovinu, tako da u razvitku svakoga organizma, životinje ili biljke, poznajemo obično dvije generacije: spolnu ili haploidnu generaciju sa jednostavnim brojem hromosoma (*x*-generacija po Lotsy-u) i nespolnu ili diploidnu generaciju sa dvostrukim brojem hromosoma (2*x*-generacija). Tako n. pr. pšenica *(Triticum vulgare)* ima u svakoj stanici vegetacionoga vrška korijena po 16 hromosoma, a u jajnoj stanici samo 8. Broj hromosoma u spolnim stanicama reducira se osobitim načinom po tako zvanom redukcijskom dijeljenju.

Sve ono, što smo dosada opisali za biljne stanice, vrijedi i za stanice životinjske. To je ujedno i najznatniji rezultat čitave te nauke, tako zvane citologije, koja se bavi samo istraživanjem stanice, a osobito izučavanjem stanične jezgre. Tek jednu razliku, koja postoji između životinjske stanice i biljne, ne možemo mimoići. Životinjske stanice imaju naime blizu jezgre jedno malo tjelešce, tako zvani centrosom, iz koga izlaze plazmatske zrake kao zrake sunčane iz sunca. U biljnim stanicama redovno nema toga centrosoma, tek samo u nekoliko slučajeva, poglavito kod alaga ili resina, a i ovdje je sumnjivo — bar se mnijenja istraživača o tom razilaze, jesu li ta tjelešca ista što i životinjski centrosom.

Osim ovoga zamršenog načina dijeljenja jezgre poznajemo tako zvano amitotsko dijeljenje ili fragmentaciju jezgre, nakon koje se redovno ne dijeli čitava stanica, nego samo jezgra. Te fragmentacije jezgre ima, koliko je danas poznato, samo u ostarjelim stanicama, te je po mnijenju mnogih izražaj starosti, a nastaje po svoj prilici od preobilne hrane (hipertrofije).

Osobiti način dijeljenja stanice nalazimo u kvasovaca *(Saccharomycetes)*. Kvasovci su sitne mikroskopske gljivice, koje su uzrok alkoholnomu vrenju. Ako uzmemo komadićak pjenice i razdijelimo ga u kapljici vode, vidimo, da se ta pjenica sastoji od tisuće i tisuće sitnih stanica; to su stanice toga kvasovca *(Saccharomyces cerevisiae)* (Slika 15.). One su mikroskopski male, jajasta oblika, a razabire se u njima obično po jedna dosta

velika vakuola sa staničnim sokom, i zrnata plazma. Ali ne vidimo nikakove jezgre; tek s osobitim metodama preparacije i bojadisanja mogli bismo naći neku hromatinsku tvar, koja jedva naliči pravoj jezgri, a još do nedavna su neki učenjaci tvrdili, da stanice kvasovca uopće nemaju jezgre. Na mnogim stanicama kvasovca vidjet ćemo, gdje su se na jednom ili više mjesta jače ili manje ispupčile. Ovaj je ispupak mlada stanica-kći, koja se poslije razvije do normalne veličine. Razlika ovog pupanja od običnoga dijeljenja jest u tome, što se stanica isprva ne dijeli na dva jednaka dijela, nego na dva nejednaka, a ta se istom poslije rastenjem izjednače.



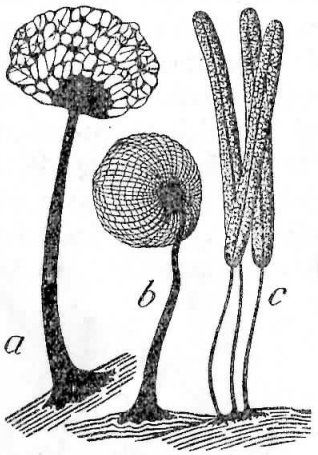
Slika 15. Kvasovac *(Saccharomyces cerevisiae)* u pupanju. Nathanson.

Stanice se umnažaju dijeljenjem samo na onim mjestima biljnih organa, koja se istom razvijaju, dakle u svim t. zv. meristemskim dijelovima, koji rastu. Kako i po kakovu se zakonu stanice dijele u tom organu, biti će o tome govora na drugome mjestu.

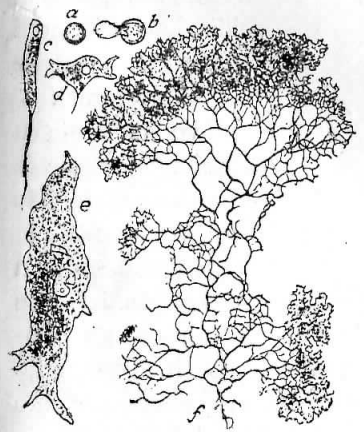
Dalje znatno svojstvo života jest gibanje. I upravo stoga, što se biljke ne giblju redovno na taj način, da mijenjaju svoje mjesto — bar ne osobito vidljivo —, drže laici biljku u neku ruku manje živu od životinje. U doba staroga sistematika Linné-a bila je krilaticom riječ: „vegetabilia crescunt et vivunt, sed non sentiunt", t. j. „biljke rastu i žive, ali ne osjećaju". Danas znamo dobro, da i biljka osjeća, osjeća svijetlo, toplinu i svaku izvanju promjenu, t. j. ona na svaku izvanju promjenu ili podražaj odgovara reakcijom pače vidljivim gibanjem. Najjednostavniji način gibanja biljnih stanica poznajemo kod jednostaničnih organizama, a kao primjer neka nam služe razni stadiji razvitka sluznjača ili miksomiceta *(Myxomycetes)*. Sluznjače pripadaju najnižemu skupu biljnih organizama, te su ih duže vremena pribrajali životinjama, pače i sam De Bary, znamenit botanik, koji je prvi

pobliže prikazao njihov razvitak, ubrajao ih je među životinje i zvao micetozoa *(Mycetozoa)*, a to znači „gljive-životinje". Svakako stoji to, da se te sluznjače nalaze na najnižem stupnju razvitka.

Ako koji dan poslije kiše pretražimo po šumi trule panjeve, to ćemo često na njima naći narančasto-crvene kuglice ili pak crvene sitne gljivice ili opet poput bačenke uobličene male sive kuglice na malim vršcima. Sve su to plodišta raznolikih vrsta tih sluznjača *(Trichia, Didymium, Lycogala)*. Pod mikroskopom ukazuju nam se te male pragljivice često u osobito lijepim oblicima (Slika 16.). Ova su plodišta puna jednolikih, u membranu umotanih rasplodnih stanica, tako zvanih trusaka ili spora. Čim te truske dođu u kaplju vode, stanu za neko kratko vrijeme klijati. Membrana truske raspukne, a iz nje izmili duga i gipka stanica, koja ima na utanjenom vrhu



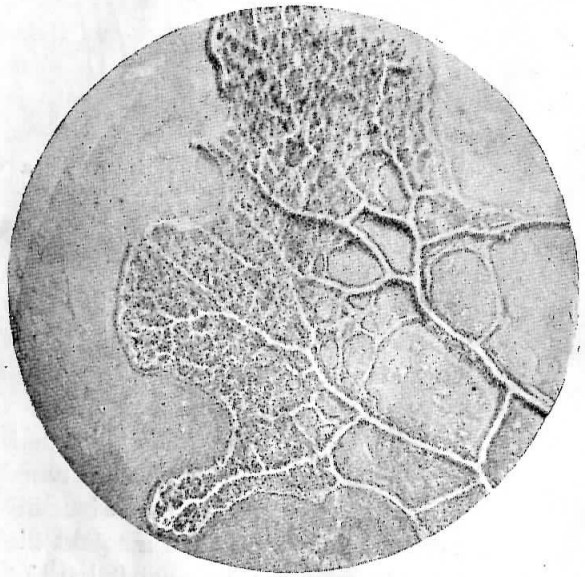
Slika 16. Plodovi sluznjača ili miksomiceta, *a, Cribraria macrocarpa. b, Dictydium cancellatum. c, Stemonitis ferruginea.*



Slika 17. Razvoj sluznjača, *a* spora ili truska, *b* spora klija, *c* flagelatni stadij, *d* ameba, *e* mladi plazmodij, *f* izrastao plazmodij. Nathanson.

dugu nit poput biča, tako zvanu ciliju, s pomoću koje se živo giblje. Ova stanica naliči posve na stanice flagelata *(Flagellata)*. Za neko vrijeme, poglavito kada ponestaje vode, otpane cilija, a čitavi taj čudni stvor pretvori se u jednu amebu ili prasluz, koja s pomoću izbojaka ili pseudopodija po dnu puzi (Sl. 17.). Ove se amebe počnu naglo jednostavnim dijeljenjem množiti, a kad ih je već toliko, da se jedva mogu pomicati, stope se u jedno jedincato plazmatsko tijelo, u t. zv. plazmodij. Takav plazmodij ima oblik tanke mreže, a naraste do makroskopske veličine; giblje se od prilike kao

ameba. Pripovijeda se, da je jedan profesor botanike našao jednom na hrastovoj gnjiloj kori velik sluznat takav plazmodij od vrste *Fuligo septica*, koji naraste koliko i šaka, te ga je odnesao u laboratorij u svom dubokom šeširu, neimajući što zgodnije pri ruci. Nemalo se začudio, kada je toga plazmodija drugi dan nestalo iz šešira, jer je naprosto otpuzao van. Doista se veliki plazmodiji žive giblju, i to na vrlo osobiti način. Svaki plazmodij sastavljen je od tankih plazmatskih niti, u kojima se plazma neprestano giba (Slika 18.). Ta je plazma posve tekuća, te struji s velikom brzinom prema jednom kraju, a onda opet u protivnom smjeru, a to biva upravo ritmički[1]. Ovo ritmičko strujanje plazme (fluktuacija) uzrokom je gibanju samoga plazmodija. Prema jednoj strani plazmodija traje gibanje obično duže, a pri tom se i više plazme donese prema tomu kraju; na taj se način pomakne ekspanzijom malo naprijed. Sluznjače se dakle giblju na tri načina: s pomoću cilija, ameboidno i strujanjem plazme u samoj stanici.



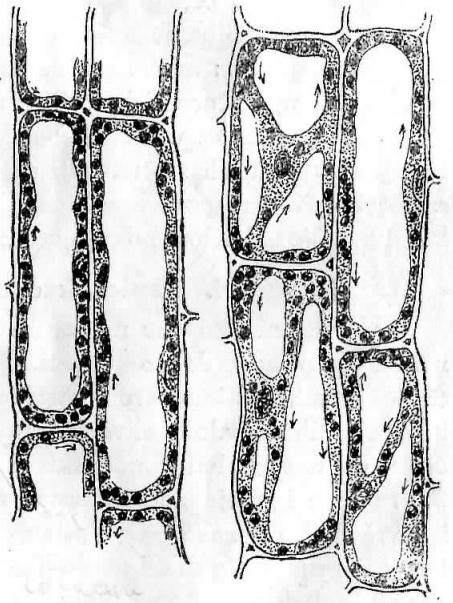
Slika 18. Plazmodij jedne sluznjače. (Originalna mikrofotografija). 60 puta povećano.

Ovo strujanje u stanici pojavljuje se uz neke uvjete više manje u svakoj biljci, premda nije u svakoj stanici tako jasno, da ga možemo izravno motriti. No poznajemo vrlo mnogo slučajeva, gdje to gibanje tako jako, da struja plazme nosi sa sobom sve, što zahvati, n. pr. hlorofilno zrnje, jezgru, kristale, i t. d. Gibanje

[1] Vouk V.: Untersuchungen über die Bewegung der Plasmodien. Sitzungsberichte der Wiener Akademie d. Wissenschaften, 119, 1910. Denkschriften derselben Akademie. 88, 1912.

plazme u stanici otkriveno je prvi put još pred nešto više od stotinu godina (Treviranus, god. 1807.), a ipak još do dandanas nismo posve upućeni u tajne toga gibanja. Uzmimo jedan listić tako zvane „vodene kuge" *(Elodea canadensis)* — biljčice, koja se goji svuda u akvarijima[1] — i stavimo je pod mikroskop! Tu će nam se ukazati slika produženih stanica, koje su složene jedna do druge, a u svakoj vidimo mnogo zelenoga zrnja (hlorofila). Skoro ćemo opaziti, gdje će se ovo zrnje, koje je složeno više uz rub stijenâ, početi u jednom smjeru gibati: zapravo se ne giblje zrnje, nego bezbojna plazma, u kojoj je to zrnje uklonjeno.

Tko prvi put ugleda ovo gibanje pod mikroskopom, upravo se zapanji od toga pojava, pa ako nije nikada imao prave predodžbe o životu biljke, to je tada mora dobiti. Još ljepše se to vidi u stanicama raznih biljnih dlačica, jer u tima obično nema hloroplasta, a plazma je razgranjena poput mreže po čitavoj stanici. U tom slučaju plazma cirkulira po plazmatskoj mreži; zato taj pojav zovemo cirkulacijom plazme, a naprotiv u prvom slučaju označujemo to gibanje rotacijom plazme. Danas znamo, da većina biljnih stanica ima to svojstvo, da se njena plazma može gibati. Osobito se lijepo vidi to gibanje u vodenoga bilja, pa u biljnih dlačica, a opazilo se i u različitim organima, čak u stanicama drva. Dakako, da je



1. 2.

Slika 19. Gibanje plazme. *1.* Stanice iz elodeje *(Elodea canadensis). 2.* Stanice valisnerke *(Vallisneria spiralis).*

[1] Kod nas u Hrvatskoj našao ju je Košćec u rukavima Drave kod Varaždina. Vidi: *„Helodea canadensis* Rich. u Varaždinskoj okolici". Glasnik hrv. prirodoslovnog društva, godina XXV. 1913. Nađena je i u rukavima Save kod Zagreba (Gjurašin, Rossi, Pevalek).

brzina toga gibanja, koja se dade pod mikroskopom mjeriti, za različne stanice različita. Evo nekoliko primjera:

	u 10 sekunda
U plazmodiju miksomiceta	1·25 milimetara
u stanicama (hifama) crne plijesni *(Mucor)*	0·55 „
u stanicama alge *Nitella*	0·503 „
u stanicama lista vodene kuge *(Elodea)*	0·158 „
u dlakama buće (bundeve; *Cucurbita)*	0·083 „
u dlakama koprive *(Urtica)*	0·052 „

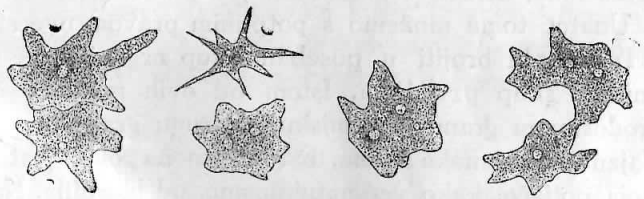
Ako ovo gibanje mjerimo mjerilom, na kakovo je čovječje oko naviklo, čini nam se vrlo polagano; no uzmemo li u obzir mikroskopsku veličinu stanice i veličinu plazmatskoga zrnja po kojemu mjerimo brzinu, to je brzina plazme kod plazmodija upravo velika. Gibanje plazme osobito je izvrgnuto raznomu vanjskom utjecaju: svako povišenje temperature znatno povećaje brzinu, a temperature niske a i previsoke usporuju brzinu, dok je od ozmotskog tlaka u stanici posve neovisna (Jurišić[1], 1920.). Mnogi su već kušali rastumačiti mekanizam ove najzanimljivije i najbitnije životne pojave u stanici, ali još do danas nijesmo ni koraka dalje stigli od pokušaja i neuspjelih teorija.

4. Stanica kao individuum.

U vasioni oko nas nalaze se nebrojeni planeti, od kojih su nekoji već prilično dobro poznati. Tako za planet Mars drže neki, da je opkoljen atmosferom sličnom zemaljskoj i da na njemu ima osobitih pravilnih navodno vodenih putova. Nije dakle čudo, da nas pogled u nebesku neizmjernost dovodi do pitanja: „Ta, ima li i ondje gore kakovih živih stvorova, pak možda još i savršenijih od nas?" Ovo pitanje za danas je još nerješivo, kao što je i prije nešto dva i pô stoljeća bilo nedokučivo i neponjatno pitanje o kakovu sitnom nevidljivom svijetu, pitanje o „živim atomima". Kada se konačno našao čovjek, koji je otkrio prve tajne toga silnog svijeta, „mikrokosmosa", tadanji njihovi savremenici, koji su se počeli tek boriti protiv sujevjerja o vještičama i čarobnjacima, nijesu im to vjerovali. Bio je to imućni Nizozemac Leeuwenhoek, koji je koncem 17. stoljeća pobudio u

[1] Jurišić P.: Osmotischer Druck und Plasmaströmung in Pflanzenzellen. Zeitschrift für allg. Physiologie 1921.

„Royal Society" veliku senzaciju svojim otkrićem „živih atoma". Leeuwenhoek je konstruirao prve bolje leće i povećalo u obliku najprimitivnijega mikroskopa. Ovim je Leeuwenhoek prvi motrio kapljicu kišnice, koja je dulje vremena na zraku stajala i grijala se. A što vidje? Stotinu i stotinu sitnih jedva vidljivih životinjica, za koje je isprva držao, dà su to Cartesijevi „živi atomi", a koje je istom poslije nazvao „infuzorijama". A njegovi nasljednici, koji su pošli njegovim stopama, istraživali su na isti način u vodi i najrazličitije tvari, n. pr. mozak teleta, listne ušence, krv, žumanjak i t. d.: uvijek su se pokazali ti sićušni „infuzoriji", u koje je kasnije već i glasoviti Linné vjerovao te ih sve zajedno, kako je to već bio njegov običaj, svrstao u poseban red „Chaos infusorium." A doista to i jest veliki haos: ima u kaplji vode tolike množine organizama, preraznolikih oblikom i svojstvima, da ih danas lučimo donekle dobro na dva svijeta, životinjski i bilinski, premda svi zajedno imadu ipak jednu znatnu zajedničku oznaku, a to je, da se svaka od tih životinjica ili biljčica sastoji od jedne jedine — stanice.



Slika 20. Amebe u raznim oblicima (po Kerneru).

Promotrimo dakle nekoliko tipova takovih jednostaničnih individua!

U svakoj vodi, koja bilo od kakova organskog truleža malo gnjije, mogu se mikroskopom naći sitne kapljice prasluzi ili ameba, koje na osobiti način pokazuju znakove života. Na rubovima te prasluzi vidimo male izbojke, koji se kao kakvi prsti ispružaju, a na drugoj strani uvlače (Slika 20). Ameba je jedna gola stanica, koja se sastoji od čiste plazme; obavijena je samo tankom, tako zvanom protoplazminom membranom. Prema rubu je ta plazma bezbojna (hialoplazma), dok je prema sredini više zrnata (polioplazma); ova zrnca u plazmi zovemo „mikrosomima".

Osim tih zrnaca ima svaka takova ameba, a i svaka prava stanica, jednu pravu pravcatu jezgru, pa eventualno i po više vakuola sa staničnim sokom. Čudan i vrlo jednostavan život provodi ta ameba. Izbojke na površini, pseudopodije, uvlači ameba kao i puž svoje „rogove", a oni im služe za gibanje, za hvatanje i primanje hrane. Puzeći po dnu dođe ameba do bilo kakve druge sitne životinjice ili biljčice, obavije ju polako svojim „pseudopodijem" i ravno usiše u svoje tijelo. Ako ameba može probaviti primljenu tvar, onda ju zadrži; ako li se namjeri na kakav kamenčić ili komadić drva ili drugi kakav neprobavljiv predmet istisne ga van. Ove amebe hvataju najradije sitne zelene biljčice iz roda alaga ili resina, koje im jamačno osobito prijaju. Kad ameba doraste već do svoje potpune veličine (dvadesetak mikrona), stane se razmnažati. Najprije se protegne ponešto u dužinu, jezgra se raspolovi, i svaka ova polovica ide na svoju stranu; dotle se plazma počne u sredini suzivati i stezati, sve dok se ne raspolovi na dvije stanice. Mnogi drže ove stvorove bićima, koji se nalaze na najnižem stupnju razvitka, pa ih zovu „preživima". No ima organizama, koji su organizirani još jednostavnije od ovih ameba. Unatoč tomu možemo s potpunim pravom ove stvorove poput Haeckela brojiti u poseban skup organizama, najniže razvijenih, u skup protista. Istom od ovih možemo odvojiti jednu rodoslovnu granu životinjsku, a drugu granu bilinsku.

Najznatnija oznaka biline, bar onako na oko, jest zelena boja, koja potječe, kako već natuknusmo, od hlorofila. Naprosto sve, što je zeleno, a živo, zovemo biljkom. A gotovo u svakoj kaplji vode možemo naći takovih zelenih jednostavnih bića. Već smo češće napomenuli alge ili resine, među kojima ima mnogo jednostaničnih, ali vrlo različnih oblika. Svakome će na šetnjama po šumi udariti u oči, da je kora drveća na onoj strani, koja je izložena vjetru i kiši, sva kao kistom zeleno bojadisana. Ostružemo li sa površine kore nešto od toga zelenila i stavimo te strugotine pod mikroskop u kapljicu vode, vidjet ćemo na stotinu malenih zelenih kuglica, koje se drže po dvije a i po četiri zajedno. To je jedna takova jednostanična alga, zvana *Pleurococcus*, na kojoj možemo razlikovati, tek membranu i zelenu sredinu, jer je čitava plazma i jezgra prekrita zelenom bojom (hlorofilom). Oblik takovih alaga može biti i poput malenih kraćih ili dužih

štapića *(Stichococcus)*. U svakoj zelenoj mutnoj kaljuži blizu kućišta, a pogotovu gnojišta, ima na milijune malenih, produženih i zaobljenih, a prema vrhu utanjenih zelenih stanica, koje imadu na vrhu dug, kao nit tanak bič (cilija ili flagellum), kojim se giblju. To su euglene *(Euglena)* iz porodice flagelata *(Flagellata)*. (Vidi pogl. 16.). I ove su stanice gole i bez membrane, imaju pri vrhu jasno vidljivu jezgru, a u sredini ili pri kraju tijela po jednu vakuolu. Osim toga imaju u tijelu mnogo zeleno obojenih tjelešaca (hloroplasta), a pokraj jezgre još i jednu crvenu pjegu, koja služi, kako neki tvrde, kao vidni organ ili „oko". Euglena se može čitavim tijelom previjati, a u nuždi stisne se sasvim u klupko, smota se u kuglu, spremi bič, a konačno se i obavije debljom kožicom kao kakvim ovojem. U posebnom poglavlju bit će više govora o takovim jednostaničnim algama; za sada je dosta, ako upozorimo, da ih ima bezbroj različitih vrsta, te ih jamačno danas još svih i ne poznamo.

Takovi oblici jednostaničnih alaga mogu se združiti i u koloniju (naseobinu) po više njih zajedno; tada se poređaju pravilno u jednoj sluzavoj i želatinoznoj kugli. U svakoj bari ili manjem jezeru može se naći takovih individua u kolonijama, od kojih su najobičnije vrste *Volvox*, pa *Eudorina* i *Pandorina*.

Među zelenim jednostaničnim biljčicama ima i takovih, koje možemo brojiti upravo među divot-oblike iz mikrokosmosa, tako: pripadnici porodice desmidija *(Desmidiaceae)*. U moru pak ima na milijune sitnih biljčica preraznolika oblika, koje su oklopljene posebnim kremenim oklopom, a mjesto zelenih tjelešaca imaju žućkasto-zelenkasta. To su sve članovi posebna mikroskopskoga svijeta, koji provodi život lebdeći u jezerima i morima; jednim ga imenom zovemo plankton. Kad bismo imali oko udešeno kao mikroskop, vidjeli bismo, da je ono more, koje nam se na oko čini bistro kao ribje oko, upravo prepuno toga mikroskopskoga svijeta; u njemu ima toliko svakojakih bilina i životinjica, da bismo o njima mogli napisati čitavu knjigu. Danas postoji već posebna nauka, koja se bavi izučavanjem toga plaktona. Od bilina su tu ponajviše zastupljene porodice peridineja *(Peridineae)* i kremenjašica *(Diatomeae)*; obje se porodice odlikuju time, što imaju oklope od kremena. Gdjekada ih u moru

ima toliko, da voda od njih gotovo požuti. Tako u Kvarnerskom zavalju, kod Raba i Senja, ima u proljeću, kako su pokazala istraživanja prve hrvatske ekspedicije za istraživanje Jadranskoga mora godine 1914. sa „Vilom Velebita", tolika množina toga biljnog planktona („fitoplanktona"), da more pomuti, a mrežom procijeđeno upravo je želatinozno, gusto i žuto. Da nema tih jednostaničnih planktonskih organizama u moru, bilo bi ovo upravo prava pustoš. Sve mnogobrojne planktonske životinjice — preraznoliki račići, crvići i polipi — hrane se ovim biljčicama. One pak životinjice jedu veći račići i ribice, a njih opet veće — i da nema onih prvih, ne bi ove posljednje mogle živjeti, upravo kao što ni čovjek ne bi mogao živjeti bez zelene biljke.

Ako i jesmo prije rekli, da je glavna oznaka biljke, da je zelena, to ipak ne smijemo zaboraviti, da ima mnogo bilina, koje nijesu zelene, n. pr. gljive. I među gljivama ima ih vrlo mnogo, kojih je život vezan za jednu jedinu stanicu, koja pače može biti organizirana jednostavnije negoli ikoja druga biljka. Takove jednostanične gljivice svima su nam dobro poznate b a k t e r i j e. (Vidi poglavlje 19.). Bakterijâ ima svagdje: na kopnu, u vodi, u zemlji, u zraku — svagdje, gdje rijetko koji drugi organizam može živjeti. Oblik im je malen, štapićast, kuglast ili zavinut, te se one sastoje redovno od jedne jedine stanice, na kojoj jedva možemo razlikovati išta drugo do plazme. Ne vidi se ni posebna membrana, a ni jezgra; to su dakle organizmi najprimitivnijega oblika. Nauka o tim bakterijama, t. zv. b a k t e r i o l o g i j a, danas je tako zamašna, da se njom bave posebni istraživači, a služe se njome biolozi, liječnici, tehnici i gospodari, jer svi oni moraju poznavati njihova svojstva. Kakova sve svojstva mogu imati bakterije, najbolje nam vele riječi glasovitoga botanika W i e s n e r a, koji bi u svojim predavanjima uvijek rekao: „Bakterije mogu sve, one su svemoguće". I ako je, doslovce uzeto, ova riječ prejaka, ipak u fiziološkim smislu vrijedi. A koliko ta riječ vrijedi, čuti ćemo u kasnijem jednom poglavlju.

Svi ti mikroorganizmi imaju prave oznake stanice, premda više puta njihove dimenzije, kako smo prije spomenuli za bakterije, graniče sa sposobnošću naših mikroskopa. Već smo pače i nabacili pitanje, ima li još stanica kao individua u — ultramikrokozmu?

Taj presitni svijet, kojega dimenzije mjerimo tisućinkama mikrona ili tako zvanim milimikronima, upoznasmo izumom ili bolje rekavši, dosjetkom dvaju njemačkih istraživača, S i e d e n t o p f a i Z s i g m o n d y a. Sposobnost je mikroskopa naime to manja, što su leće jače; što dakle leće jače povećavaju, to vidno polje gubi jasnoće i bude sve tamnije. To je bilo ponajviše zaprekom usavršivanju mikroskopa. Spomenuti S i e d e n t o p f i Z s i g m o n d y preturiše tu zapreku jednostavnim načinom: princip njihova „u l t r a m i k r o s k o p a" sastoji u osvjetljenju tako zvanoga tamnog vidnog polja. Svijetlo naime, koje osvjetljuje objekat, ne dolazi od zrcala kroz objekat i leću izravno u oko, nego udara sa strane na objekat, koji se nalazi na tamnom polju. Ovo pobočno osvjetljenje objekta možemo isporediti sa sunčanim zrakama svijetla, koje dolaze kroz mali otvor u tamnu sobu i rasvijetljuju sitne i najsitnije čestice praha u zraku, kojih inače u sasvim rasvijetljenoj sobi ne bismo nikako mogli raspoznati ni vidjeti. Slično je i sa ultramikroskopom: objekat na tamnom polju rasvijetljen je jakim električnim svijetlom; na taj su način konstruisane posebne naprave t. zv. ultrakondenzori, koji se mogu postaviti na svaki mikroskop, pa se tako od svakoga mikroskopa može načiniti ultramikroskop.

Ovim ultramikroskopom pokušali su biolozi riješiti pitanje malenih organizama, manjih i od najmanjih bakterija. Mnogi su i sa teoretičkog gledišta pomišljali na to, mogu li takovi ultramikroorganizmi postojati? Danas poznajemo još mnoge priljepčive ili zarazne bolesti, n. pr. škrlet ili obične ospice, za koje liječnici još ni danas, i nakon toga istraživanja, nijesu još pronašli uzročnike. Nijesu li možda ti uzročnici ultramikroskopski? Istraživači L ö f f l e r i F r o s c h, pa G a s t o n P r e v o s t drže vjerojatnim, da su opasnoj goveđoj bolesti slinavke i šapa uzrokom organizmi ultramikroskopski. Ruski biolog G a j d u k o v tvrdi pače, da je pod ultramikroskopom vidio preraznolikih organizama, sličnih bakterijama. Od prilike tako je tvrdio i Nijemac R a e h l m a n. No drugi neki biolozi oboriše se odlučno na ove tvrdnje istraživanjima: M o l i s c h je ultramikroskopom uzalud tražio bilo kakve organizme, koje običnim mikroskopom ne bismo mogli raspoznati. A u istraživanja poznata mikroskopika, kakav je M o l i s c h, sada profesora biljne fiziologije bečkoga sveučilišta, možemo se pouzdati. Belgijski

botanik Errera razlaže pače ovako: „Vrlo obična bakterija *Bacterium termo* mjeri u dužinu jedan do dva mikrona. Ta je bakterija milijun puta manja od čovjeka, a po prilici oko stotinu milijuna puta manja od najvišeg drveća, kao što su n. pr. australski *Eucalyptus* i kalifornijski mamutovac *(Sequoia gigantea)*. Pitanje je dakle: ima li živih bića, koja su milijun puta manja od običnih bakterija? Veličina jednog molekula bjelančevine proračunata je na nešto jedan ili najviše dva milimikrona. Prema tome bi jedna hipotetička bakterija, velika jednu desetinku mikrona u promjeru, imala najviše tisuću molekula bjelančevine, a jedna ultrabakterija od 0.01 μ imala bi samo 10 molekula. Eto, prema tome računu jedva možemo zamisliti organizme, koji bi bili stotinu, a kamo li hiljadu puta manji od jedne najmanje bakterije."

Postoje li dakle ultramikroskopska bića? — Čuli smo u kratko, što se misli o njima a i protiv njih, te prema tome nije čudo, da danas sumnjamo o postojanju ultramikroba. No sumnja još zato ne mora biti odlučno poricanje, da postoje. Budućnost će jamačno jasno dokazati, koliko su ta razna mišljenja ispravna te može biti, da su se naučenjaci u svom proračunavanju znatno prevarili. Kao što su nedavna bili naučenjaci teoretički i praktički utvrdili za krajnu granicu mikroskopskoga vida $^1|_4$ odnosno $^1|_8$ jednog mikrona, a iznašašćem Zsigmondya i Siedentopfa bude i to oboreno, tako nije posve nemoguće, da će ljudska pokoljenja upoznati ne samo taj ultramikrokozam, nego će zaviriti i mnogo dublje u daleki, danas još jedva dokučivi svijet van naših osjetila — „molekularni svijet", koji danas već na papiru i postoji. A tada će čovjek biti mnogo bliže rješenju problema života nego danas.

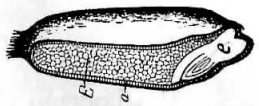
II. Razvitak biljke iz sjemena.

5. Građa i sastav sjemenke.

Ako hoćemo da upoznamo život biljke, najzgodnije je, da počnemo razmatranje njenim početkom od razvitka iz sjemenke, prateći tako čitav tok života sve do stvaranja novoga sjemena. Zasad nas dakle ne budi nimalo briga, odakle sjeme i kako je nastalo! Promatrajmo ga kao nešto gotovo!

Sjeme je dio biljke, koji služi za rasplod. Svaka sjemenka ima u sebi mladi zametak klice, od koje ima nastati nov individuum. Ovaj zametak ili embrion vrlo je nježan organ te u početku nesposoban, da se sam hrani. Svaka je sjemenka udešena prema ovoj svrsi: u prvom redu za zaštitu, a u drugom redu za prehranu mlade kličice. Svaka sjemenka ima obično lupinu, koja je kožnata ili tvrda, a služi za očuvanje unutarnjega djela od osušenja i gnjiljenja; nadalje ima svaka sjemenka svoje spremište za hranu, koje služi za uzdržavanje i razvitak mlade klice (embriona). Lupina, spremište za hranu i klica najznatniji su dijelovi svake sjemenke. Promotrimo n. pr. sjemenku pšenice, tako zvano pšeno (Slika 21.)! U poprečnom prerezu pšena vidimo prije svega vani lupinu, koja se sastoji od nekoliko slojeva različno odebljalih i suhih već stanica; pod ovom lupinom zauzima čitavi prostor spremište za hranu, koje u ovom slučaju zovemo endospermom. Endosperam je opkoljen jednim slojem pačetvorinastih stanica, koje su upravo krcate sitnim zrnjem od aleurona. Te su stanice prema tome spremišta bjelančevine, a čitavi je ostali dio endosperma ispunjen staničjem, koje je upravo krcato škrobom. Pri dnu sjemenke leži mladi zametak (embrion), kod kojega se već može razabrati mladi korjenić (radicula), pa prvi pup (plumula), iz kojeg se ima razviti stabljika. Zametak se sastoji od posve mladih stanica, koje redovno imaju tankih stijena, krcate su plazmom i nemaju ni vakuola ni staničnog soka, ali

zato redovno imaju veliku okruglu jezgru. Takovo embrionsko staničje zovemo u anatomiji meristemom. Meristemska se staničja nalaze poglavito na samom vrhu korjenića ili u pupu, a tu ostaje u istom svojstvu tijekom čitavoga života biljke. Svaki biljni organ, koji se razvija i raste, ima na mjestu razvijanja i rastenja takovo meristemsko staničje. Njemu je zadaća, da neprestano stvara novih stanica; stoga ga zovemo i tvornim staničjem. Svaki i najmanji vršak od sitnoga korijenića i svaki, bilo kakvi pup ima obično čunjast oblik meristemskoga staničja, kojega se stanice neprestano dijele. Ovo staničje osobito je nježno, pa je stoga i posve razumljivo, da je osobito zaštićeno ne samo u sjemenci, nego i kod odrasle biljke. U pupovima je „vegetacioni vršak", zavijen mnogostrukim omotom mlada i nerazvijena lišća a osim toga i debelim ljuskama, n. pr. kod divljega kostanja. I vršak korijena zaštićen je, ali za čudo: nije zaštićen tvrdim ljuskama, nego parenhimskim dosta rahlim staničjem, koje prekriva vršak poput kape; stoga i nosi ime korijenove kape (calyptra). Ona se neprestano pomlađuje; stanice, koje se nalaze u doticaju sa zemljom, propadaju i nestaje ih, a stvaraju se uvijek nove. Na taj se način ta kapa, kako rekoh, neprestano pomlađuje i tako štiti prave meristeme vegetativnoga vrška.



Slika 21. Šematski presjek kroz zrno pšenice (e) zametak klice, (a) aleuronski sloj, (E) endosperam sa škrobom.

Zametak klice ili embrion treba građevnoga materijala za stvaranje novih stanica u meristemima, jer se ne može hraniti svojom vlastitom snagom; poput nejačka djeteta treba i zametak klice svoju dojku, koja mu daje hranu sve dok ne odraste. Službu dojke preuzimaju supke ili spomenuti endosperam, koji je u tu svrhu nakrcan pričuvnom hranom; biljka se dakle dobro pobrinula za svoj podmladak, te je još za vremena pripravila hranu za mladu klicu. Ta je hrana ili ugljohidrat ili bjelančevina, odnosno mast. U pšenu smo našli da su sve unutarnje stanice ispunjene škrobom, dok vanjski omot sadržaje bjelančevine. Tako n. pr. ima u sjemenci

	Škroba:	Bjelančevine
Grašak *(Pisum sativum)*	50%	23%
Leća *(Lens esculenta)*	48%	26%

	Škroba:	Bjelančevine:
Grah *(Phaseolus vulgaris)*	52%	25%
Raž *(Secale cereale)*	60%	11·52%
Zob *(Avena sativa)*	47%	8·3%

Po ovom kratkom pregledu razabire se i hranivost pojedinih vrsta sjemenja, a ta hranivost nije samo znatna za biljku, nego i za nas ljude, jer su za prehranu našu svakako potrebne. Masti i masna ulja, uz koje ima obično i bjelančevine, sadržavaju na pr. sjemenke ovog bilja: orah *(Juglans regia)*, lješnik *(Corylus avellana)*, bukva *(Fagus silvatica)*, konoplja *(Cannabis sativa)*, mak *(Papaver somniferum)*, repica *(Brassica napus)*, sunčanica *(Helianthus annuus)*, lan *(Linum usitatissimum)*, ricin *(Ricinus communis)*, i t. d. Pričuvna ta hrana nije uvijek smještena u posebnu spremištu (endospermu), nego su često i isti prvi razvojni listići, tako zvane supke ili kotiledoni, preuzeli funkciju raznih spremišta, kao što n. pr. kod lepirnjača (graha, leće i t. d.). Osim navedenih glavnih tvari može za pričuvnu hranu služiti pače i celuloza (hemiceluloza), n. pr. sjemenke od mnogih palama. Svatko dobro pozna plod datulje *(Phoenix dactylifera)*; ona ima sjemenku tvrdu kao kost; endosperam se te sjemenke sastoji od debelostjenih stanica, jer se gotovo sva hrana pretvorila u celulozu; ili n. pr. *Lodoicea*, paoma sa otokâ Seychellâ, kojoj sjemenke teže 8—9 kilograma, a klijaju po nekoliko godina. Na mjestu, gdje klica graniči sa spremištem hrane, poglavito sa endospermom, razvile su se obično posebne stanice, koje služe za sisaljke hrane iz spremišta.

Još samo nešto o lupini sjemena! Lupina sjemena sastoji se često od jednoga tvrdoga sloja, koji je građen ponajviše od raznolikih sklerenhimskih stanica, i od parenhimskoga sloja, koji služi za bubrenje, t. j. za primanje vode. Ima slučajeva, gdje i vanjski slojevi vrlo lako nabubre, a tada su obično građeni od sluzavih membrana, n. pr. kod lana, gorušice, dunje i dr. Građa lupine sjemena kadšto je tako karakteristična, da može služiti i za razlikovanje pojedinih vrsta istoga roda.

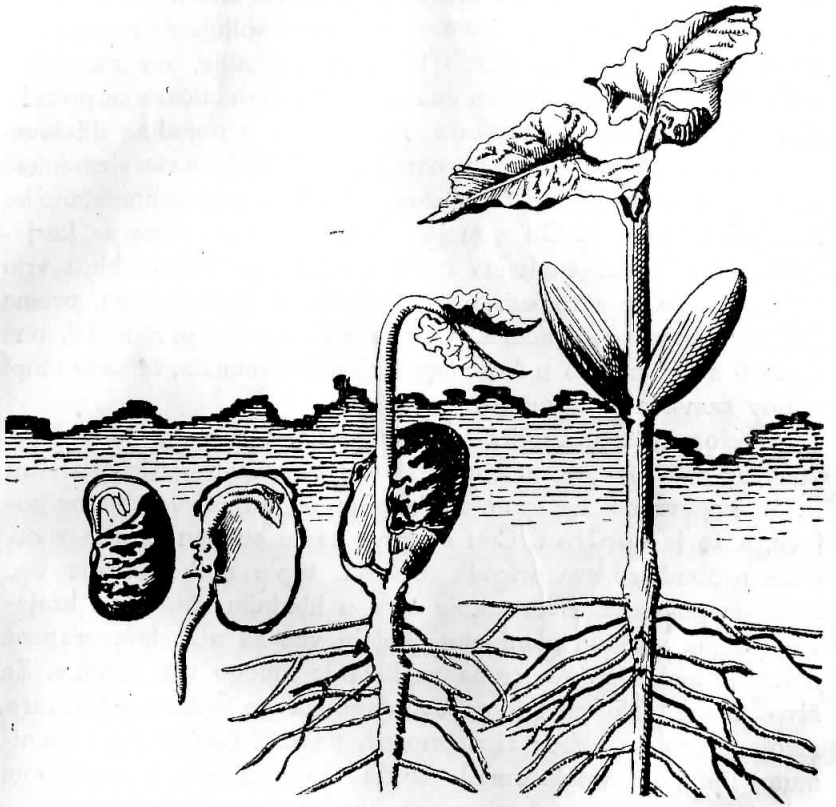
6. O klici i klijanju.

Dok suha sjemenka miruje, ne događaju se u njoj baš nikakove ni fizikalne ni kemijske promjene, ali zato ipak vlada u

njoj život, i ako nam se ona na oko pričinja mrtvom kao kamen. Stavimo li suhu sjemenku u vlažnu zemlju, zamalo će proklijati, njen će se život probuditi, te će iz »latentnoga« života nastati pravi »aktivni« život. Sjemenka će proklijati, razvit će klicu, a iz nje se opet konačno razvije potpuna biljka, koja stvara plod sa sjemenom. Što li se sve ne zbiva u takovoj sjemenci, koja klija!

Prvi i najvažniji faktor, koji upravo pobuđuje sjeme na klijanje, jest voda. Bez vode ne može sjemenka ni da proklija, sjemenka se dakle prije svega dobro napije vode, a pri tome i nabubri. Istom se sada počne u sjemenci buditi pravi život: svaka se stanica probudi kao iza sna i nastavi nanovo svoje životno djelovanje, koje je bilo zamalo posve ugaslo: stanice meristemskoga staničja u zametku klice počnu se dijeliti, zametak raste, a čitavo se spremište uzburka, da dade klici dovoljno hrane. Mobilizacija ove hrane vrlo je zanimljivi fiziologičko-kemijski pojav. Pričuvna naime hrana — bio to škrob, bila mast ili bjelančevina — stane se rastvarati ili bolje rekavši rastapati, da tako u rastopljenom stanju može prolaziti kroz stanice sve do samoga zametka klice, koji je sada postao središtem čitavoga života. Ovo rastvaranje pričuvne hrane zbiva se na osobiti kemijski način, i to uz pripomoć iste vode, bez koje ne bi uopće moglo nastati klijanja. Taj kemijski pojav zovemo hidrolizom, a može ga biti samo s pomoću posebnih tvari, koje stanica i plazma u tu svrhu stvara. Tim tvarima danas još ne poznajemo kemički sastav, nazivamo ih: fermentima ili encimima. Kemicima je uspjelo takove encime izlučiti iz stanice; ti encimi imaju i izvan stanice svojstvo, da mogu djelovati rastvorno, a povrh toga još se pri tome sami ništa ne mijenjaju. Ako dakle načinimo ekstrakt od mlade klice pšenične i dodamo mu nešto škroba, to će se naskoro škrob pretvoriti u slador. O tome nas svaki kemik reakcijama može uvjeriti. Encimi ili fermenti obavljaju vrlo različne kemijske procese u biljnim stanicama. Tako n. pr.: encim amilaza pretvara škrob u dekstrine i maltozu ili diastaza pretvara škrob u slador i maltozu; — citaza pretvara celulozu u slador; invertaza pretvara trsni slador (saharoza) u grožđani (dekstrozu i levulozu); — lipaza pretvara masti u glicerin i masne kiseline; — proteaza pretvara netopljive bjelančevine u topljive tvari (aminokiseline).

Sjemenke, koje imadu pričuvni materijal masti, n. pr. bundeva ili lan, imaju svoju lipazu, koja tu mast pretvori u topljive tvari, a tako isto ima svaka sjemenka svoju vrstu encima. Danas je kemija još daleko od toga, da riješi sastav i prirodu tih encima, premda su njihova djelovanja i svojstva vrlo dobro poznata.



Slika 22. Klijanje sjemena od graha.

No zato nas neka glava ne boli! Danas poznajemo i električnu silu vrlo dobro po učincima i svojstvima, a ipak nam je njena bitnost još potpuno tajna. Svako škrobno zrno, na koje djeluje encim, stane se rastvarati, pa na njemu vidimo pojave izijedanja, kao kad kiselina otapa kamen. Konačni učinak toga djelovanja encima poznat nam je doduše, ali način njegov ipak ne poznajemo. Ostwald je usporedio ovo djelovanje sa katalizatorima,

koji neke kemijske pojave pospješuju. Tako se n. pr. vodikov superoksid (H_2O_2) rastvara mnogo brže u kisik i vodu, ako u nj stavimo bilo koju kovinu; ta kovina u tom slučaju djeluje na reakciju rastvaranja kao katalizator. Po mišljenju mnogih ovi su enzimi samo „mazalo za kemijski stroj same stanice". Još je bolje uporedio znamenit kemik Emil Fischer enzim sa ključem, a rastvarajuću tvar sa bravom. Kemik upotrebljuje za rastvaranje molekula jake reagencije kao kiseline i alkalije, on razbija molekule, dok priroda putem enzima poput mehaničara sa potrebnim otpiračima otvara molekule i rastavlja ih u pojedine dijelove.

Povratimo se natrag promatranju klijanja naše sjemenke! Uporedo s bubrenjem i mobilizovanjem pričuvne hrane stane se razvijati i zametak. Od zametka nastane prava klica sa korjenićem, stabljikom, supkama i prvim listićima. Mlada klica vrlo je nježna, pa je zato izvrgnuta svakakvim nepogodama, prema kojima je upravo nemoćna. Čim se pak razviju prvi listići, ona napusti svoje mjesto u krilu ispražnjenih spremišta, te sada stupi u nov samostalan život (Slika 22.).

Kao najznatniji uvjet za klijanje istakli smo doduše da je voda, ali zato ipak ne smijemo pri tome zaboraviti na drugi znatni uvjet, koji vrijedi ne samo za klijanje, nego i za sve životne pojave, a to je toplina. Čim su prve tople sunčane zrake osvanule, probudi se sva priroda iza sna, tople zrake izvabe sve klice na površinu. Biljke, koje žive u hladnim arktičkim krajevima ili na visokim planinama, klijaju već za niže temperature, dok bilje toplih krajeva treba za klijanje mnogo više topline. Za život svake biljke postoje općeno dvije glavne točke temperature, među kojima je njihov život moguć, najniža temperatura (minimum) i najviša (maksimum). Među tim minimom i maksimom nalazi se negdje ona temperatura, kod koje se biljka najbujnije razvija; tu točku nazivljemo optimom njena razvitka. Ovo isto pravilo o tim trima točkama temperature vrijedi i za pojav klijanja. Evo nekoliko primjera, koje nam pokazuje skrižaljka na strani 45.

Ovo nekoliko primjera pokazuje nam, da je optimalna temperatura za većinu našeg bilja prilično jednaka; mogli bismo reći, da je oko 30° C. Buće, dinje i krastavci trebaju za klijanje više topline, a to znadu vrtlari po praksi, pa sade buće, dinje i

krastavce na dobro gnojenu tlu, koje daje veću toplinu. Spomena su vrijedne neke alpinske biljke, za koje i vrtlari znadu da bolje klijaju, ako ih se pokrije i samim snijegom.

Kardinalne točke topline za klijanje nekih gospodarskih biljaka.

	Minimum među °C.	Optimum među °C.	Maksimum među °C.
Pšenica	0 — 4, 8	25—31	31—37
Raž, ječam, zob	0 — 4, 8	25 31	31—37
Kukuruz, proso	4, 8—10, 5	37—44	44—50
Heljda	0 — 4, 8	25—31	37—44
Zelje, grašak	0 — 4, 8	25—31	31—37
Djetelina, lucerna	0 — 4, 8	25—31	37—44
Lan, sunčanica	0 — 4, 8	25—31	37—44
Buća (bundeva)	10, 5—15, 6	37—44	44—50
Krastavac, dinja	15, 6—18, 5	31—37	44—50

Toplina je i uzrokom, da većina sjemenaka bolje klija, ako ne ostanu na površini zemlje, nego dospiju malo dublje u tlo. U praksi se preporučuje pravilo, da veće sjemenke treba saditi dublje (bob i do 5 cm duboko), a manje na plitko, sasvim pak sitno sjemenje najbolje je ostaviti na površini i pokriti ga možda samo toliko, da nije izravno izvrgnuto vjetru. Da sjeme bolje klija u tlu nego na površini, uzrokom je i to, što tlo jače drži vlagu, a osim toga su sjemenke zaštićene od svijetla. Većina naime sjemenaka klija bolje u tmini, negoli na svijetlu, a ima i takovih biljaka, n. pr. mnoge iz porodice ljiljana *(Liliacea)* i amarantaceja *(Amaranthus)*, kojih sjemenke klijaju samo u tmini. No ima izuzetaka i u drugom pravcu; tako sjemenke gesnerija *(Streptocarpus, Saintpaulia, Sinningia)*, pa divizma *(Verbascum)*, lukovice *(Allium*-vrste) klijaju samo u svijetlu. Poznavanje tih vanjskih uvjeta za klijanje raznog sjemenja osobito je važno u praktičnom životu: dobar ratar, a osobito vrtlar, treba da dobro poznaje prilike i uvjete, uz koje će svoju gojenčad dovesti u život. No to još nije dosta; treba da poznaje i samo sjeme, da ispita je li to sjeme sposobno za klijanje. To svojstvo klijavosti nije u svih sjemenaka jednako; tako n. pr. sjemenke ceceljača *(Oxalidaceae)* mogu proklijati samo u času nakon što su iz ploda ispale, a vrba zadrži klijavost samo kroz nekoliko dana. No to su tek

izuzeci; redovno zadrže sjemenke klijavost i po nekoliko godina. Tako naše žitarice (pšenice i ječam) klijaju ponajviše prilično dobro još nakon deset godina, a lepirnjače *(Leguminosae)* i buče *(Cucurbitaceae)* zadrže klijavost još i duže. Kao osobiti primjer duge klijavosti spominje se *Mimosa pudica*, koje sjemenje klija još nakon 60 godina, a *Cassia bicapsularis* nakon 85 godina. Što se u popularnoj literaturi još gdjegdje pripovijeda, da su u egipatskim piramidama našli kod mumija sjemenja od pšenice, koje je još klijalo, to je sve bajka bez trunka istine; istine ima u tom samo toliko da su bogati putnici plaćali za tu pšenicu velike novce, te je prometnim Arapima ova lažna pšenica iz mumija ipak donijela ploda.

Svaka sjemenka ne dozri zajedno s plodom. Tako na pr. sjemenka jasena *(Fraxinus)* i graba *(Carpinus)* mogu klijati istom nakon mirovanja od godinu dana, a sjemenke naše obične mlječike *(Euphorbia cyparissias)* pače istom nakon 4—7 godina. Te sjemenke treba dakle da prije miruju ili, bolje rekavši, da prođu period počinka, o kome će se govoriti u bližnjem poglavlju.

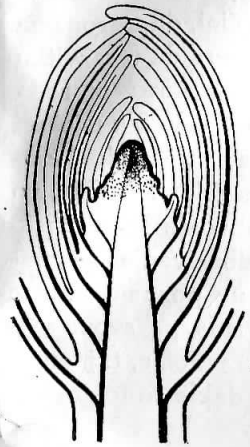
Svojstvo klijavosti znatno je osobito za gospodarstvo, jer gospodar treba da ima valjano sjeme, i to ne samo s obzirom na kakvoću vrste, nego i na klijavost. Zato u gospodarski moderno uređenim zemljama postoje posebni zavodi na ispitivanje sjemenja. U takovim se zavodima ispituje svakojako sjemenje, kakvo je, a na zahtjev se izdaju stručna mnijenja ili svjedodžbe o kakvoći sjemena; u nekim je državama trgovina sjemenja stavljena upravo pod državnu kontrolu, koja štiti ratarstvo od lošega sjemena. I kod nas postoji takovi zavodi za istraživanje sjemenja koji će se jamačno s razvitkom naših gospodarskih institucija podići i do potrebne visine.

7. O pupovima, pupanju i o zimskom snu.

Pupovi pokazuju razvitak sličan kao i sjemenke. Pupovi kriju u sebi klice ili zametke, iz kojih se razvijaju bilo potpuni novi individuji, bilo samo dijelovi individua. Biljke, koje žive u krajevima, gdje se izmjenjuju zima i ljeto, prinuđene su, da u zimsko doba počivaju. Nježni organi, kao što je lišće našega drveća i zeljastog bilja, ne bi moglo izdržati zimu i stoga otpanu, a ostali dio biljke proživi zimu s drvenim dijelovima nad zemljom

ili u obliku podanka, lukovice i gomolja pod zemljom. I podanak, lukovica i gomolj, a i drvo, nose zimske pupove, koji su naprosto mladi zameci novih mladica.

Svaki se pup sastoji od vegetativnoga vrška, kakov smo upoznali već kod klice, i od pobočnih listova i ljusaka, koji okružuju i zamataju ove pupove, te ih štite od vanjskih nepogoda. (Slika 23.). Pupovi se razvijaju na stabljikama ili terminalno, t. j. na samom vršku mladice, ili opet aksilarno, t. j. u pazušcu lista pri dnu peteljke upravo nad onom brazgotinom, koja nastane, kad list otpadne. Ima pupova i u stabljici, često duboko i u drvu, koji mogu i duže vremena, pače i po više godina, ostati nerazvijeni; to su »uspavani pupovi«, koji se ipak kadšto probude i potjeraju. I u lukovici i na podancima nalaze se pupovi, te i ovi tjeraju u glavnom uza slične uvjete, uz koje klija i sjemenka.



Slika 23. Šematski prikaz pupa u presjeku sa listovima i tjemeništem (uvećano).

Kada nastupi jesen, te lišće stane opadati, čitava se priroda sprema na zimski počinak, na zimski san; biljka odbacivši svoje zeleno ruho, ne može preko zime ni rasti ni razvijati se, i stoga čeka, dok ne dođu topliji dani. Prve proljetne sunčane zrake probude sve pupove. Nitko obično ne sumnja o tome, da je toplina sunčana uzrokom, da su se pupovi počeli razvijati. To je doduše donekle istina, ali ne potpuna. Postavimo li lipovu grančicu pod kasnu jesen, kad je već lišće otpalo, a zimski su se pupovi razvili, u toplu sobu, dakle u povoljne prilike, to ćemo se uvjeriti, da grančica ne će propupati, premda je bila u toploj sobi, sve od prilike do konca veljače. Isto će se dogoditi i bukvi i hrastu, a donekle i jorgovanu. Trešnja će naprotiv potjerati već o božiću, a tako isto i druge naše voćke. Svi se pupovi ne mogu dakle odmah razviti, nego moraju neko vrijeme počivati, prospavati svoj kraći ili duži zimski san. Taj period počinka imaju i lukovice, sjemenke, a i svi ostali pupovi. Prije negoli taj period počinka ne prođe, ne može pup propupati. Jedna biljka počiva duže vrijeme, druga opet kraće,

već prema svojoj osobitosti. Ritamska izmjena razvitka i počinka biljnoga života postoji u svim krajevima na zemlji, gdje se izmjenjuje zima i ljeto. U tropskim krajevima, gdje vladaju kroz čitavu godinu više ili manje jednake klimatske prilike, rastu paome i drugo tropsko bilje kroz čitavu godinu; tako jedno tropsko drvo iz roda lepirnjača, *Albizzia moluccana*, raste i razvija se neprestano kroz 18 do 20 godina do visine od nešto 30 metara, a širine u obujmu od 2 do 3 metra, te istom nakon od prilike 20 godina ugine. Takove su biljke, koje se neprestano razvijaju, samo izuzeci. No premda se na oko čini, da u tropama vegetacija neprestano buji, to ipak i ondje ima periodâ u razvitku pojedinoga drveća i ostaloga bilja. Tako *Ficus hirta* iz roda smokava odbacuje svoju zelenu odjeću svako $4^1/_2$ do $5^1/_2$ mjeseci kroz 8 do 10 dana, a onda nakon 3 do 5 dana „počinka" potjera nanovo, te već za dvije sedmice opet zazeleni. Zanimljivo je i to, da svaki individuum iste vrste ne odbacuje lišće u isto vrijeme, nego u različito doba; stoga se to odbacivanje i pomlađivanje lišća jedva i opaža. Tropsko drveće ne poznaje u tome jedinstvenoga zakona, nego se svaka vrsta vlada po svom vlastitom zakonu. I period počinka traje različno vrijeme, t. j. može trajati nekoliko dana, ali i nekoliko mjeseci, dakle su te granice trajanja široke.

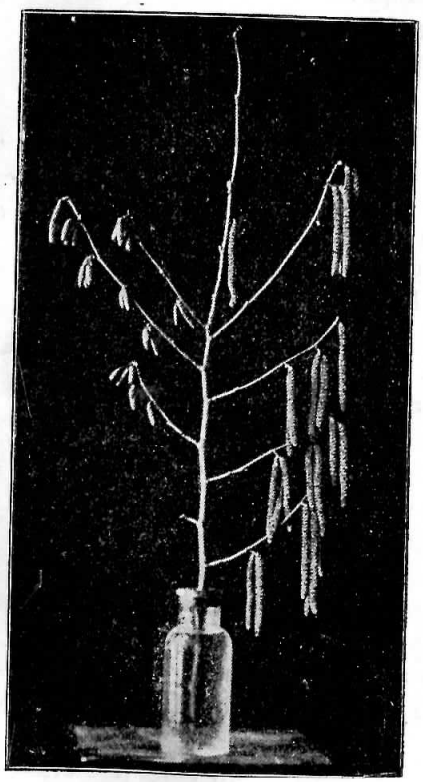
Čovjek, koji je i zimi željan zelenila i cvata prirode, na razne načine kuša, da to stvori: gradi tople staklenike i goji u njima tropsko bilje te pokušava, ne bi li prirodu nadvladao, skratio zimski san i svaki pup prije reda probudio u novi život. A to mu je donekle i uspjelo.

Ima više načina, kako možemo na umjetni način probuditi pupove onda, kada to želimo. Tu se radi ili o tome, da period počinka produžimo, ili da ga skratimo. Za ratara vrijedi samo metod uzgoja nekih pasmina, koje se razviju rano ili kasno na pr. rana ili kasna pšenica; za vrtlara je ipak znatno, da svojim kupcima u svako doba dade svoju rascvjetalu robu. Vrtlar je slučajno praktičnim putem pronašao nekoliko načina, kako da razvijanje pupova podvrgne svojoj volji, a u novije doba dala je i čista nauka prilike praktičnomu životu, da se njezinim tekovinama okoristi. Svaki vrtlar zna dobro, da toplina posješuje razvitak pupova, a studen opet da zaustavlja. I stoga je posve

dostatno, da pup, koji se upravo stao razvijati, stavimo u ledenicu kod niske temperature od 2—5°C. i tako zaustavimo dalje razvijanje. Tako možemo ostaviti pupove sve dotle, dok ih ustrebamo, a tada ih iznesemo opet u toplinu, gdje se po našoj volji razvijaju. Taj način produživanja perioda počinka služi poglavito kulturi đurđicâ na veliko, te ove dolaze u velikim gradovima na tržište gotovo čitave godine; mjesto u svibnju tjeraju ovi „mrzli pupovi" u kasnu jesen, pače i zimi. Taj način umjetnoga tjeranja pupova rabi se poglavito u velikim gradovima, gdje ima velikih umjetnih hladionica za konservisanje mesa.

Period počinka može se skratiti na razni način. Kod iste niske temperature, kod koje smo mogli zaustaviti razvitak biljke, možemo ga i pospješiti. H. Müller-Thurgau je našao, da krumpir, koji je upravo dozreo, kod temperature tik nad ledištem bude sladak i stavljen u normalne prilike, odmah stane iz pupova tjerati: kod niske se temperature pretvorio u krumpiru sav škrob u slador, a taj slador doveo je pupove do razvitka. Drugi mnogo zanimljiviji način ranijega propupavanja pronađen je u laboratoriju. Danski profesor fiziologije bilja Johannsen istraživao je jednom prilikom utjecaj narkotičkih tvari, n. pr. etera i hloroforma, na bilje, pa je ponovio glasoviti pokus Francuza Claude Bernard-a, koji je prvi narkotizirao osjetljivu mimozu *(Mimosa pudica)*. Ova biljka raste u tropskim krajevima, a ima nježno perasto lišće, koje naliči našoj akaciji. Na svaki dodir, i najmanji, sklopi ta mimoza svoje listiće tako, da to upravo gledaš. (Tim ćemo se gibanjem napose drugom prilikom pozabaviti). Bernard je stavio mimozu pod stakleni poklopac, pod kojim je bila i spužva namočena u eter; tu je mimoza u atmosferi etera izgubila svoju osjetljivost, pa ni na jači dodir nije sklapala listića. Johannsen je kušao na isti način narkotizirati razne pupove, pa je na svoje veliko čudo vidio, da su se „uspavani" pupovi probudili iz zimskog sna prije nego neuspavani. To mu je otkriće dalo namisao, da upotrebi taj pojav za praksu. Tako je eterizovanjem kod raznih vrtlarskih biljaka skratio period počinka. Posve je prirodno, da količina etera mora biti odmjerena, jer jaka doza etera djeluje otrovno i na bilje kao i na životinje. Johannsen preporučuje u zatvorenom prostoru kao mjeru 30—40 grama etera na jedan hektolitar zračnoga prostora. No takovo oma-

mljivanje eterom djeluje uspješno samo na one pupove, koji se nalaze upravo u početku svojega sna. Trajanje eterizovanja ne smije biti duže od 48 sati, i to pri toplini od 17—19° C. Nakon eterizovanja treba da biljka dođe u topli prostor. Johannsenu je na taj način uspjelo, da jorgovan već koncem rujna ili u listopadu dovede do cvijeta. Ovu je metodu umjetnoga tjeranja mladica istisnula naskoro iz prakse druga mnogo jednostavnija s pomoću t. zv. toplih kupelji; ta je metoda nastala, ne znamo gdje, po svoj prilici u praktičnoj vrtlariji, no bila bi jamačno ostala u zaboravi, da nije došla u ruke čovjeku od nauke. Profesor Molisch upoznao ju je u vrtlariji svoga brata, te je, osobito se zanimajući za praktične probleme, proučio taj način tjeranja mladica na širokoj naučnoj podlozi; njemu se imamo zahvaliti, što je ta metoda danas uopće uvedena u praksu. Vrlo je jednostavna: Biljke, koje hoćemo da dovedemo do razvitka, n. pr. jorgovan, lješnik ili forsitiju *(Forsythia suspensa)*, koja u proljeće ukrasuje naše nasade žutim cvjetovima, stavimo po prilici koncem rujna ili početkom listopada, kada se pupovi nalaze još u početku svoga sna, s čitavim granama u toplu vodu od nešto 30—35 °C. i to kroz 9—12 sati. U tu svrhu ili uzmemo odrezane grane ili, ako smo uzeli biljke u loncima, ne smijemo dati, da korijenje dođe u toplu vodu. Zatim treba te grančice ostaviti u toplom prostoru sve dok ne procvjetaju. Tako okupane grančice ili pupovi



Slika 24. Grančica od lijeske. Desna polovica toplo kupana, lijeva nekupana.

potjeraju najmanje za 6 sedmica a i za 2 mjeseca ranije negoli neokupani pupovi, a to znači za vrtlara veliki dobitak vremena. Zanimljivo je, da topla kupelj djeluje na one pupove, koji su okupani. U slici 24. vidimo lijesku, koja je samo na polovicu okupana, a druga je polovica ostala neokupana; rezultat je, kako se vidi, taj, da je samo okupana polovica potjerala. Profesor Molisch, izdao je i posebnu uputu,[1]) kako se ta metoda ima na različne pupove upotrijebiti, Ona se danas u vrtlarstvu općeno upotrebljava, te je veliku množinu proljetnoga našeg cvijeća, koje vidimo i usred zime u najboljem cvatu, vrtlar na umjetni način doveo do cvijeta. Evo nam podjedno i primjera, kako čista nauka može praktičnomu životu donijeti velike koristi! — Da je samo ova metoda toplih kupelji poznata, jamačno bismo to skraćivanje perioda počinka tumačili djelovanjem tople vode. Da to nije, upućuje nas i eterizovanje, jer, kako smo čuli, eter ima isto djelovanje, a u novije su doba pronašli, da jednako djeluje i dim (Molisch), acetilen (Weber), pa radijeve nevidljive zrake (Molisch), rastopine soli (Lakon), pače injekcija etera i alkohola u pupove (Jesenko), a konačno i jednostavni ubod iglom u pup (Weber). Eto, kako na različiti način možemo postići isti učinak! I upravo je poradi toga pojav skraćenoga raspupavanja ostao još nerastumačen. Znamo tek to, da se u samom pupu događaju jednaki unutarnji procesi kao i kod klijanja sjemena: pričuvna se hrana rastvara fermentima, a meristemi vegetativnoga vrška počnu se razvijati; ali što je tomu pojavu uzrokom, nije nam poznato.

Sâm pup i njegov život za vrijeme zimskoga sna možemo uporediti sa urom njihaljkom, koja je navinuta, a pri tom njihalo miruje; čim stavimo njihalo u gibanje, ura će ići. Tako se isto i pup nalazi u mirovanju, t. j. u latentnom životu; stavimo li na bilo koji način (tople kupelji, eter, radij i t. d.) životno njihalo pupa u gibanje, pup će se raspupavati i prijeći će iz latentnoga života u aktivni.

8. Disanje, najznatniji životni pojav biljnoga razvitka.

Dok smo govorili o uvjetima klijanja i razvitka mlade klice, namjerice smo zatajili jedan od najznatnijih uvjeta, bez kojega nema ni klijanja ni razvitka klice, ali nema ni života klice i biljke

[1]) Das Warmbad als Mittel zum Treiben der Pflanzen. Jena, 1909.

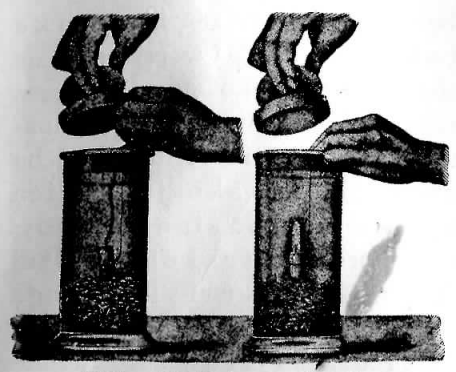
a ni života uopće. Taj uvjet biljnoga razvitka je elemenat zraka — kisik Bez uzdušnoga kisika ne bi sjeme moglo proklijati, niti bi se od sjemena razvila klica. Prošlo je već više od stotinu godina, što je glasoviti francuski botanik De Saussure prvi upoznao naučni svijet sa pojavom, da biljka, kao i čovjek, ne može bez zraka živjeti; i ona treba za svoj život kisika, i ona diše kao i svaki drugi živi stvor.

To nam nije nikako začudno. Velike se promjene događaju u sjemenci, kada klija: događaju se kemijske dalekosežne reakcije i morfologijske promjene, nastaju nove stanice — s jednom riječju: biljka raste, a za sve to treba odnekle snage ili energije upravo kao i svaki drugi stroj, koji radi. Rekli smo, da je svaka stanica mala tvornica; ovu treba dakle držati u pogonu, a za to treba i građe, koja će stvarati tu snagu za pogon. Kao što za svaki stroj treba ugljena ili druge koje gorive tvari, koja uz kisik stvara energiju u obliku topline, tako i stanica treba gorivâ, ponajviše u obliku ugljohidrata (celuloze ili škroba), koji s pomoću uzdušnoga kisika izgaraju. Takovo izgaranje organskih tvari u stanici zovemo vitalnom oksidacijom ili disanjem.

Za svakoga izgaranja gubi organska tvar težine, a tako i za disanja. Klica, koja se razvila u tami, kao da je postala veća, a prema tome i teža, no uistinu je postala lakša te je izgubila svoje težine, o čem se možemo uvjeriti naprosto vaganjem. Evo primjera po Boussingaultu: 46 pšeničnih sjemenaka teži bez vode 1.665 grama, a nakon klijanja u tami kroz nekoliko sedmica težina im je bez vode (suha tvar) 0·713 grama, te je prema tome gubitak bio **0·952** grama; drugi primjer: 10 zrna graška teži 2·237 grama, a nakon klijanja 1·076, prema čemu je i gubitak težine **1·161** grama. Gubitak težine tumači nam izgaranje, to jest disanje.

No nije dosta, da tako znatnu činjenicu naprosto ustvrdimo, nego je treba i dokazati. Zato uzmimo šaku zrela graška dobre klijavosti, te ga namočimo prije svega kroz nekoliko sati u vodi i stavimo onda u valjkastu staklenu posudu, koja se dade dobro začepiti staklenim čepom. Uporedo s njom zatvorimo i drugu posudu staklenim čepom, i u njoj suha graška. Već nakon 24 sata opazit ćemo, da je grašak počeo klijati, ali ćemo vidjeti i to, da se zrak u toj posudi bitno promijenio. Ako otvorimo posudu i

spustimo u nju goruću svijeću, to će ona utrnuti; u posudi dakle nema više kisika, jer svijeća ne može gorjeti bez kisika. Da je kisika nestalo od klijanja, kaže nam to, što u drugoj posudi, u kojoj je bilo suha graška, koji nije klijao, svijeća može gorjeti (Slika 25.). Kisika je dakle u prvoj posudi nestalo, a moglo ga je nestati samo tako, da ga je potrošila biljka. Po tom bi slijedilo i to, da bi klice morale postati teže, nakon što su primile novu tvar; no mi smo se već uvjerili o protivnom, naime da su klice postale lakše, dakle su izgubile svoje tvari. No i taj prividno nerazumljivi pojav možemo lako riješiti: ako u istu posudu, u kojoj su sjemenke klijale, stavimo otvorenu posudicu napunjenu vapnenom vodom (aqua calcis, otopina kalcijeva oksida u vodi), to ćemo skoro opaziti, da se voda na površini uzmutila, jer se od primanja ugljičnoga dvokisa u vodi oborilo vapno. U posudi je dakle nestalo kisika, a povećala se množina ugljičnoga dvokisa (CO_2). Taj je ugljični dvokis ona tvar, koje je nestalo, a poradi koje su klice postale lakše. Klice su dakle izlučile, ili bolje govoreći: izdihale ugljični dvokis upravo onako, kako ga i čovjek kod disanja izdiše. Kemik bi taj proces disanja stavio u ovu formulu:



Slika 25. Pokus o disanju.

$$C_6H_{10}O_5 + H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6O_2 = 6\,CO_2 + 5\,H_2O$$

škrob + voda = slador + kisik = ugljični dvokis + voda

hidroliza uz pripomoć dijastaze — disanje — produkti disanja

Kompliciranim kemijskim metodama možemo točno opredijeliti, koliko biljka primi kisika, a koliko opet izdade ugljičnoga dvokisa. Omjer između udihanoga kisika i izdihanoga ugljičnog dvokisa $\frac{CO_2}{O_2}$ označujemo, da je respiracioni koeficijenat. Ovim se metodama možemo uvjeriti, da je taj omjer u glavnom

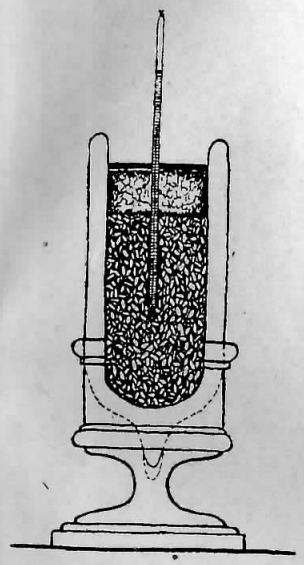
jednak jedinici, jer se prilično jednaka količina plina udiše, kolika i izdiše. Doduše, to pravilo uvijek ne vrijedi, jer je često količina izdihanoga ugljičnog dvokisa manja od 1. U tom slučaju možemo naći, da mjesto ugljičnoga dvokisa nastaju kao produkti izgaranja — odnosno tako zvane disimilacije — razne organske kiseline, a uz to uvijek i voda.

Disanje nije samo svojstvo klice, koja se razvija. Svaka biljka diše u svakom stadiju života, premda nam pri tome valja naglasiti, da je disanje osobito jako kod onih organa, koji se razvijaju, n. pr. sjemenke u klijanju, pupovi u raspupavanju i cvjetovi. Po svemu tome možemo sebi stvoriti predodžbu o biljnom disanju u ovoj poredbenoj slici: ako je stanica tvornica biljnoga života, to je plazma stanice stroj; ugljohidrati (škrob i slador) ugljen su, kojim se taj stroj loži; encimi ili fermenti su upravljači toga stroja. Eto, takova je ta tvornica životne energije!

Glavna svrha disanja jest produkcija energije. Kod toplokrvnih životinja vidi se ta produkcija stvaranjem vlastite topline organizma, no biljke ne stvaraju topline; biljke su hladne, t. j. one su toliko tople, koliko je njihova okolina, pa i mijenjaju toplinu prema svojoj okolini. Sa najosjetljivijim termometrima i opreznim mjerenjima pronašlo se je, da unutarnja temperatura u drvu stabala ima suvišak od nešto 0·1—0·3° C. Tu neznatnu razliku topline ne možemo našim osjetilima ni zamijetiti. Uza sve to se dade pokazati, da je množina topline, koju biljka producira, a osobito u stadiju razvoja njezina, prilično velika; no budući da je površina biljke vrlo velika, izgubi se ta toplina, te je i ne osjećamo. Pokusom se možemo o tom i uvjeriti. Stavimo sjemenke, koje klijaju, u t. zv. termos-bocu, kakove uzimamo za uzdržavanje toplih jela i pića (takove posude zovemo po otkrivaču Amerikancu »Dewar-posude«) i pokrimo pamukom, a u sredini učvrstimo toplomjer! (Slika 26.). Već za nekoliko sati opaziti ćemo, gdje se živa u termometru diže. Za 24 sata bit će razlika temperature zraka i temperature u posudi i preko 10 stupanja Celsijevih. Za sjemenke graška proračunao je Bonnier, da 1 kilogram sjemenaka graška u 1 minuti producira ove količine topline, preračunane u kalorije (1 kalorij je ona množina topline, koja je nužna, da 1 klg. vode ugrije od 0° na 1°C.):

1. Nabubrano sjeme	9	kalorija
2. Mlade klice s korijenom 5 milimetara dugim .	125	»
3. Mlade klice s korijenom dugim 40—50 mm. .	75	»
4. Klice sa stabljikom od 20 milimetara	60	»
5. Klice sa prvim listićima	22	»
6. Mlada biljčica, nakon što je posve istrošila supke	6	»

Vidimo dakle jasno, da mlade klice produciraju više topline, dakle i jače dišu, nego razvijeni organi. To isto vrijedi i za ostale pupove, a napose za cvjetove, koji se razvijaju. Kao osobito zanimljiv primjer navodim aroideje, biljnu porodicu, kojoj pripada naš obični kozlac *(Arum maculatum)*. Te aroideje imadu cvijetne organe, razvite na cvijetnoj osi, koja sjedi u jednom ovojnom listu. Kada cvijetovi dozre, ugrije se vrh klipa, koji viri iz ovojnoga lista, toliko, da se već opipom može osjetiti njegova toplota. Profesor Gregor Kraus opažao je na primorskom kozlacu *(Arum italicum)*, da se vrh klipa ugrije i na 51°C dakle i preko 33°C više nego što je temperatura okoline. To isto vrijedi i za interesantnu tropsku aroideju *Amorphophallus Rivieri* (Slika 27), koja klija iz velikoga gomolja bez ijedne kapi vode, a izraste cvijetnu os visoku i više od 2 metra; voda, nužna za klijanje, zadržana je naime već u gomolju u nekoj sluzavoj tvari. Sâm sam već imao prilike za cvatnje mjeriti na takovu klipu suvišak temperature od 30°C. Za rascvatavanja, a to biva obično rano u jutro, počne taj klip upravo nesnosno zaudarati po strvini. Slično povišenje temperature za vrijeme razvitka cvjetova opazilo se i za cvjetove poznate tropske div lopoči *Victoria Regia*, koja ima osobito veliko lišće s promjerom i do 2 metra, a živi uz obale rijeke Amazone. Slika 28. prikazuje nam njenu srodnicu Victoria cruciana sa cvijetom, koji se je upravo rastvorio. To naglo povišenje temperature bez sumnje je u vezi s intenzivnim disanjem,



Slika 26. Pokus sa Dewarovom posudom o stvaranju topline kod klijanja.

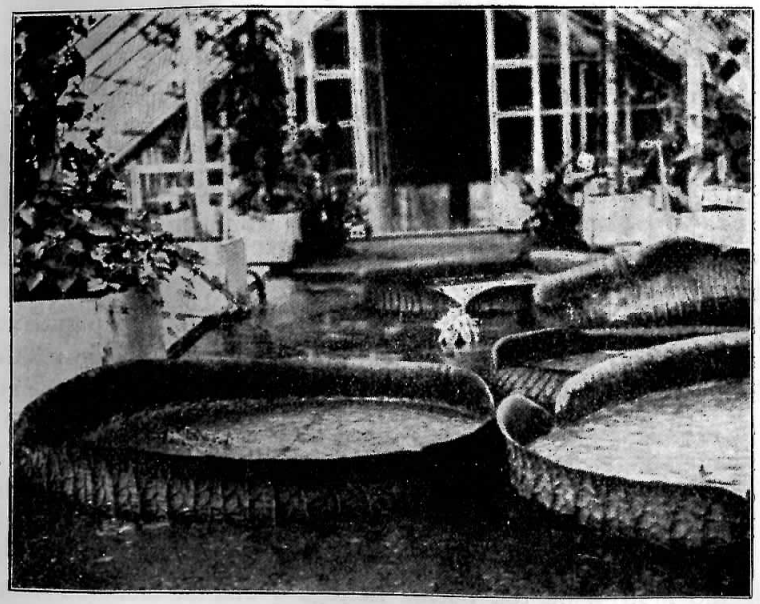
jer u klipovima aroideja ima silne množine škroba, kojega za cvatnje posve nestane. Taj se škrob dakle upotrebio za disanje.

Za disanje kao i za sve životne pojave vrijedi ono isto pravilo o utjecanju raznih vanjskih faktora. Ako povisujemo toplinu, disanje biva sve jače i žešće sve dotle, dok biljka ne ugine.

Slika 27. *Amorphophallus Rivieri* sa cvatom u veličini čovjeka.

Svijetlo nema nikakova utjecanja na disanje, premda se o tome mišljenja istraživača razilaze. Posve je na posljetku prirodno, da je disanje zavisno i o množini uzdušnoga kisika. Pristup zraka važan je osobito za korijenje, jer će brzo uginuti biljka, kojoj

korijenje nema dosta zraka. Stoga vrtlari paze osobito na to, da lonci za cvijeće ne budu obliveni staklovinom, jer kroz takove lonce ne može zrak dopirati do korijenja. S istoga razloga treba kod poljevanja cvijeća paziti i na to, da korijenje ne bude u vodi, nego da je zemlja natopljena vodom samo toliko, koliko sama svojom apsorpcionom snagom upije. Isti je razlog nadalje, što drveće u nasadima treba da pri dnu stabala ima rahlo tlo, a to vrijedi osobito za drvorede u asfaltovanim ulicama; u ovom slu-



Slika 28. *Victoria cruciana* gojena u topliku sveuč. botaničkog vrta u Zagrebu.

čaju dolazi doduše u obzir osim zraka još i pristup vode. U kasnijem jednom poglavlju imat ćemo prilike upoznati, da odrasla biljka, a osobito grmlje i drveće, ima posebne organe, kroz koje zrak ulazi i izlazi. Svaka je biljka već udešena tako, da se prema potrebi može dovoljno obskrbiti kisikom.

Ako biljci oduzmemo kisik, to na naše veliko čudo ne će ipak odmah uginuti, pače ne će ni odmah prestati izlučivati ugljični dvokis. Biljka naime može i bez uzdušnoga kisika disati, a to tako, da u nestašici atmosferskoga kisika stane razarati vlastito

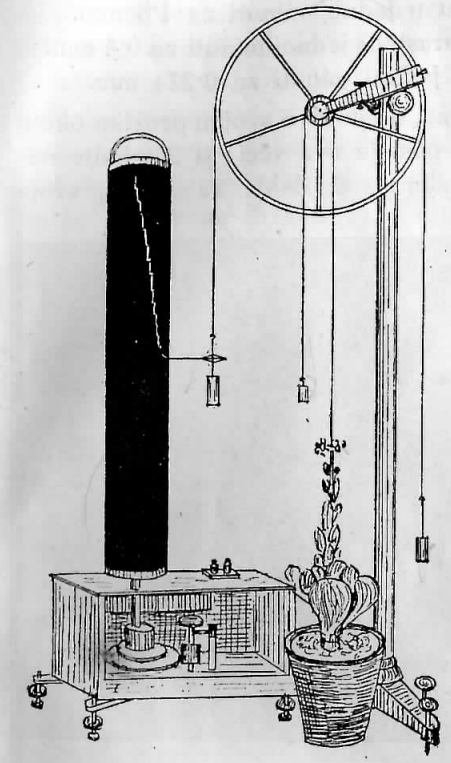
tijelo, t. j. oduzimati kisik raznim organskim spojevima, stvarajući pri tome osim ugljičnoga dvokisa *(CO_2)* još i alkohol. Stoga to disanje i zovemo intramolekularnim ili anaerobnim disanjem. Svakako je taj pojav kod višega bilja nešto abnormalno, no za mnoge je niže biljke, osobito pak za razne bakterije i gljive, intramulekularno disanje posve normalan životni pojav. No o tome će biti na drugom mjestu napose govora.

9. Kako klica raste i o nekim općenim zakonima biljnoga rastenja.

Dosada smo promatrali ponajviše one pojave, koje se događaju za klijanja u samoj sjemenci. Zametak se pretvorio u klicu; klica postaje sve veća, razvija lisne pupove, ona — raste. Klica raste u vegetativnom vršku malene stabljike i korjenića, baš na onome mjestu, gdje se nalazi ono staničje, koje smo nazvali prameristemom. Taj prameristem stvara dijeljenjem sve nove i nove stanice, koje se nižu u redove, a time i klica biva sve duža i duža. I same stanice budu sve veće i veće, te konačno posve izgube svoj embrionski karakter. Plazma se počinje puniti staničnim sokom, tvoreći vakuole, koje se konačno združe u jednu veliku središnju vakuolu. Ova ispunjuje gotovo cijeli prostor stanice, pritisnuvši time preostali dio plazme sa jezgrom posve uza staničnu stijenu. Od tih se stanica razviju za rastenja one stanice, koje, već prema svojoj ulozi u životu biljke, zauzmu u građi stabljike ili korijena svoje određeno mjesto.

Klica raste u dužinu tako sporo, da to prostim okom i ne možemo motriti, pa tek poslije nekoga vremena možemo zamijetiti, da je klica narasla. Ako hoćemo, da rastenje direktno mjerimo, valja da ga na bilo koji način povećamo, pa tako horizontalnim mikroskopom možemo već iza nekoliko minuta opažati, da je biljka rasla. Glasoviti fiziolog Sachs pomislio je, da konstruira zgodnu spravu, koja bi mu direktno pokazivala povećano rastenje. Ta sprava za mjerenje rastenja ili, kako ju je Sachs nazvao, auksanometar, bijaše još vrlo jednostavna i primitivna. Poslije su Wiesner i Pfeffer (Slika 29.) svaki napose konstruirali auksanometre, koji su to bilježenje obavljali sami. Obje su sprave u principu jednake: auksanometar se sastoji od dva kotura, većega i manjeg, koji su zajedno pričvršćeni

na jednoj osi; preko manjega kotura ide nit, koja je na jednoj strani spojena s biljkom, a na drugoj je pričvršćen uteg; preko većega kolotura ide također nit s utegom na jednoj strani, a na drugoj strani s horizontalno postavljenim kazalom; to se kazalo dotiče jednoga valjka, koji je namazan čađom, a postavljen je centralno na osi ure tako, da se u 24 sata okrene jedanput oko svoje osi. Rastenje biljke u vis prenosi se prema omjeru maloga i velikoga kotura na kazalo, koje na čađavu papiru bilježi, koliko se kazalo spustilo. Gibanje valjka na uri je udešeno tako, da se valjak pomiče svaku $^1/_4$ ili $^1/_2$ sata. — Danas poznajemo još mnogo boljih i savršenijih autografičnih auksanometara, od kojih su najpreciznije u najnovije doba konstruirali Američani Frost i Bovie (Slika 30.). Ovi se auksanometri osnivaju na spajanju i rastavljanju električne struje, a rastenje bilježe hronografom, kakovih nalazimo kod telegrafskih sprava. Boviev električni auksanometar toliko je precizan, da u svakoj minuti zabilježi 1—2 crte na hronografu; klica suncokreta *(Helianthus annuus)* bilježila je pače svakih 18 sekunda po jednu crtu; prema tome je klica svakih 18 sekunda narasla za jedan maleni dio. Boviev auksanometar bilježi rastenje u mikronima.



Slika 29. Auksanometar za mjerenje rastenja po Pfefferu.

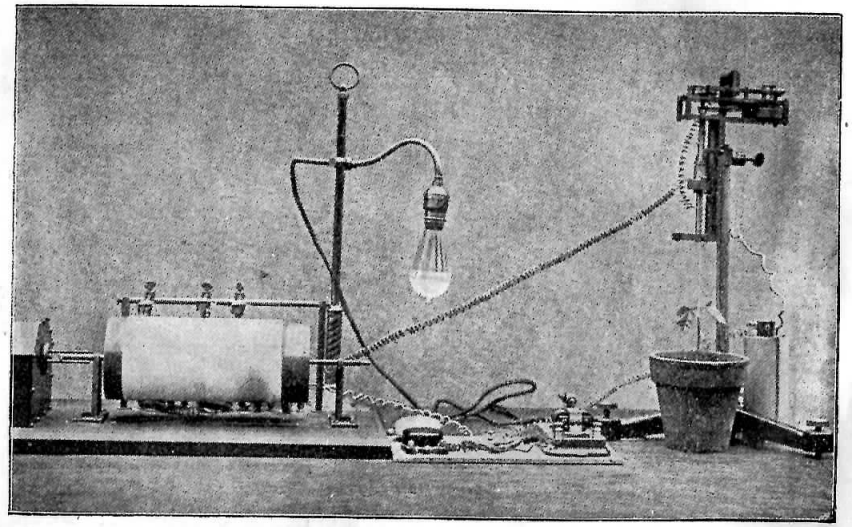
Sve te sprave[1] bilježe nam dužinu, za koju je cijela biljka narasla, prema tomu cjelokupni rast u nekom vremenu, a to je

[1] Vouk V.: Methoden zum Studium des Wachstums der Pflanzen und seiner Beeinflussung. Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden, herausgegeben von E. Abderhalden 1921.

brzina rastenja. Evo nekoliko primjera za osobitu brzinu rastenja:

Dictyophora (jedna gljiva) naraste u 1 minuti za 5 mm.
Prašnici od pšenice narastu u jednoj minuti za 1·8 mm.
Bambusovina *(Bambusa)* naraste u jednoj minuti za 0·4 mm.
Coprinus (gljiva) naraste u jednoj minuti za 0·224 mm.

Prašnici pšenice rastu tako brzo, da gotovo svojim prostim okom možemo zapaziti, kako držak postaje sve veći; u 2 minute naraste taj prašnik od 4 na 7 milimetara, dakle za 37·5% svoje



Slika 30. Električni auksanometar od Bovie-a.

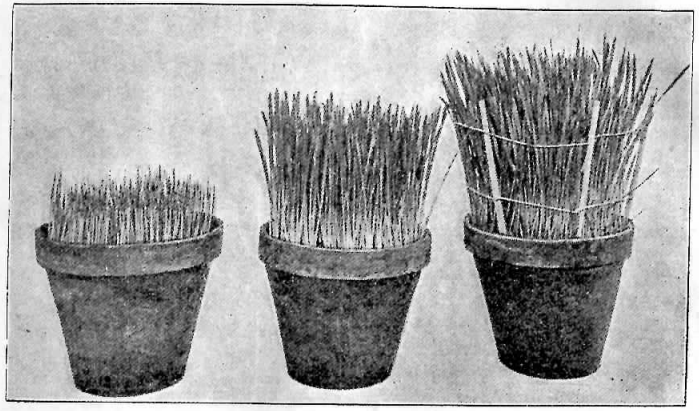
dužine. Stabljika bambusovine naraste u 24 sata za 9 centimetara. Svatko može zapažati, kako brzo raste mlado lišće divljega kostanja: pred večer vide se još pupovi, a sutradan preko noći već je lišće gotovo potpuno razvijeno. Kolikom li energijom raspolaže biljka, da takovo naglo rastenje uopće bude! Po auksanometru možemo saznati, koliko biljka raste u jedan dan. Auksanometar nam pokazuje, da je to rastenje u dužini intenzivnije u tami, pa zato sudimo, da svijetlo usporuje rastenje u dužinu, a tama ga pospješuje. Često vidimo na cvijeću, koje se goji u polutamnim sobama, gdje izbiju mladice blijede,

neprirodno duge, sa vrlo malenim lišćem; ove, tako zvane „vodene mladice", kako ih bezrazložno domaćice nazivaju, nastaju uslijed nestašice svijetla. Gojimo li klice posve u tami, to ćemo vidjeti, da će se neobično razviti u dužinu, pače za višestruku dužinu normalnih klica, koje uzrastu u svijetlu. Pri tome je još karakteristično, da je lišće od klica, koje su izrasle u tami, zakršljalo i nerazvito, a ta cijela stabljika bez boje je i blijeda, jer nema lisnoga zelenila (hlorofila). Taj se pojav naziva u nauci francuskim nazivom „etiolement", pa za takove mladice kažemo da su etiolovane (Slika 31.). Uzrok je tome pojavu svakako u prvom redu nestašica svijetla.

Slika 31. Dvije jednako stare biljke od čičoke *(Helianthus tuberosus)*. Lijevo u tmini, desno u svijetlu.

Svaka biljka raste, već prema svome uzrastu, brže ili sporije: dok biljčica *Draba verna* naraste za jedne godine do nekoliko centimetara, dotle n. pr. suncokret *(Helianthus annuus)* naraste u godini dana i preko dva metra visoko. Za toplinu prema rastenju vrijedi ono isto pravilo o minimu, optimu i maksimu, t. j. pravilo o kardinalnim točkama temperature, koje smo prije rastumačili, kod klijanja (Slika 32.). Dakako da su još znatni faktori za uspješno rastenje bilja vlaga i čist zrak. Koliko vlaga djeluje na razvitak bilja i rastenje, govorit ćemo napose u jednom poglavlju. Drugi pak faktor, naime čist zrak, obično se premalo cijeni; novija su istraživanja pokazala, da zrak onečišćen rasvjetnim plinom ili uopće zadušljivim plinovima — kao što su ugljikov kis, acetilen, pak osobito dim od duhana — neobično štetno djeluje na rastenje biljke. Profesor Molisch pravio je pokuse tako, da je pod jedan stakleni klobuk, pod kojim su se kultivirale klice grahorice, udahnuo jedan do dva dima cigarete; ta dva dima

bila su dostatna, da zaustave rastenje klice. Dim od duhana djeluje dakle vrlo štetno na rastenje bilja. Slika 33. nam prikazuje, kako su klice u zadimljenoj atmosferi za polovinu zaostale u rastu. Ne smijemo držati, da je pravi uzrok tome štetnom djelovanju duhanskoga dima možda nikotin, taj isti otrov, koji djeluje štetno i na čovječje zdravlje. Pokusi su naime pokazali, da to štetno djelovanje dima potječe samo od različnih produkata izgaranja, a među ovima ponajviše od ugljičnoga kisa i piridina. Jednako štetno djeluju na rastenje bilja i samo minimalne količine rasvjetnoga plina u zraku, a to treba da imaju na umu



8°C. 15°C. 25°C.

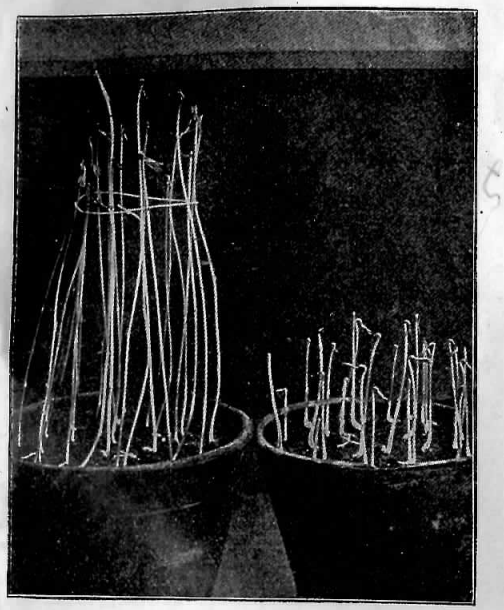
Slika 32. Klice od zobi uzrasle kod razne temperature u 8 dana. Lijevo kod 8°C. u sredini 15°, a desno kod 25°C. (Po Nathansonu).

osobito fiziolozi, koji se bave istraživanjem životnih pojava bilja u laboratoriju, u kojem se treba po mogućnosti uklanjati rasvjeti i loženju rasvjetnim plinom. Slika 34. nam prikazuje, kako štetno djeluje rasvjetni plin na razvitak biljke: klica ne samo da zaostane u rastenju, nego najprije jako nabrekne, a konačno se nabreklina i raspukne.

Brzina rastenja biljke nije jednolična, jer svaka biljka raste najprije sporije, onda sve brže i brže do nekoga optima, a onda opet sporije sve dok ne prestane rasti. Taj pojav nazvao je glasoviti botanik Sachs „velikim periodom rastenja".

Uzrok je tomu pojavu rastenje svake pojedine stanice, koja svaka napose proživljava u svom razvitku jednaki period. O tome se možemo uvjeriti: zabilježimo li mi poput Sachsa (Slika 35.) 2 crte tušom upravo pod vegetativnim vrškom na korijenu u udaljenosti od 1 milimetra i mjerimo li uvećanje tog odsječka, to ćemo dobiti po prilici ove brojeve:

Dani :	1	2	3	4	5	6	7	8
Prirast u mm:	1·8	3·7	16·5	17·5	17·0	14·5	7,	0



Slika 33. Djelovanje dima od duhana na razvoj klica. Desno klice grahorice uzgojene u zraku onečišćenu duhanskim dimom, a lijevo u čistu zraku (Po Molischu).

Taj odsječak korijena raste dakle isprva sporo, onda brže do nekoga optima, a onda opet sporo, dakle proživljava veliki period rasta. Ako na isti način označimo cijeli korijen ili stabljiku klice crtama tuša u razmaku od jednoga milimetra, to ćemo već za 24 sata, a pogotovu za koji dan zamijetiti, da su crte u daljini od 2—3 milimetra pod vegetativnim vrškom najšire, a onda se na oba kraja sužavaju. To je najbolji znak, da rastenje biva samo u nekoj zoni pod vegetativnim vrškom, a ne, kako bismo možda mislili, jednomjerno po čitavoj klici. Ima dakle jedno određeno mjesto na klici, na kojem stanice rastu najjače. To je pojas rastenja. Taj je pojas obično kratak, tek 2—3 centimetra dug: no ima slučajeva, gdje je rastegnut i na 20—50 centimetara *(Aristolochia sipho, Hippuris vulgaris)*. Svaka stabljika i svaki korijen ima dakle jedan pojas rasta, koji se nalazi pod vegetativnim vrškom. Ovo pravilo ne vrijedi za list, jer se svaki list razvija i raste tako, da se pojas rasta ne nalazi na vršku nego pri dnu lista kod peteljke

10. O osjetljivosti i gibanju klice i o nekim općenitim zakonima biljnoga gibanja.

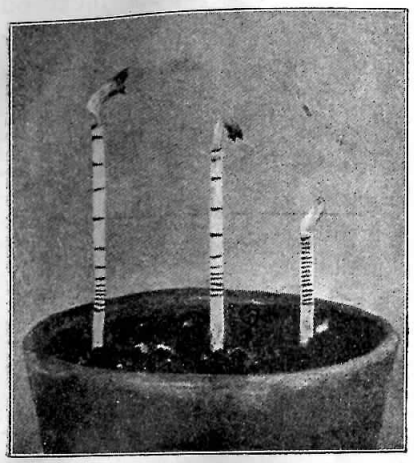
Svaka je klica, koja raste, osobito osjetljiva. To sudimo po tome, što gibanjem vrlo lako odgovara na razne promjene vanjskih prilika. Te promjene zovemo podražajima, a prema tome i kažemo, da je biljka osjetljiva, da na pr. „osjeća" podražaj svijetla, topline, vlage, kemijskih tvari itd. No ovo „osjećanje" samo je fiziologijski pojam, kojim izrazujemo samo odgovaranje biljke na podražaje, a ne smijemo ih nikako zamijeniti psihologijskim pojmom osjećanja, jer bi nas to moglo lako dovesti do kojekakovih zabluda. I stoga se fiziolozi po mogućnosti klone izraza „osjećanje" i govore samo o „osjetljivosti ili senzibilnosti biljke". Ona je razvijena osobito kod onih biljnih organa, koji baš rastu, n. pr. kod mlade klice. Biljne su klice upravo stoga razloga omiljeli objekti za izučavanje raznih t. zv. podražajnih gibanja, koje je poglavito u najnovije doba donijelo nauci veoma znatnih rezultata.

Sl. 34. Djelovanje zraka, onečišćena rasvjetnim plinom, na razvoj klica. Lijevo klice od graha uzgojene u onečišćenu zraku, a desno u čistom zraku.

Ovdje ćemo donijeti samo nekoja najvažnija pitanja iz te moderne nauke o fiziologiji podražaja.

Ako klicu koje biljke, koja je izrasla u potpunoj tami, iznesemo u prostor, u kojem dolazi s jedne strane svijetlo, n. pr. u sobi pred jedan prozor, to ćemo već za nekoliko ura opaziti,

da se klica nagnula prema svijetlu, i to upravo u smjeru zrâkâ svijetla. Tome gibanju klice prema svijetlu može biti uzrok samo to svijetlo; promjena svijetla djeluje na klicu kao jednostran podražaj, na koji je slijedilo gibanje i rastenje klice prema svijetlu. Kao podražaj može djelovati osim svijetla još i toplina, zemaljska teža, vlaga, voda, mehanički dodir, elektriciteta, kemijske tvari i t. d. Svako takovo gibanje, koje je nastalo od djelovanja podražaja zovemo tropizam (τροπέω = okrećem), a već prema tome, kakove je vrste podražaj, govorimo o fototropizmu, geotropizmu, hidrotropizmu, termotropizmu, kemotropizmu i t. d. Najbolje su od tih tropizama poznati fototropizam i geotropizam, pa ćemo se stoga ovdje njima napose pozabaviti.



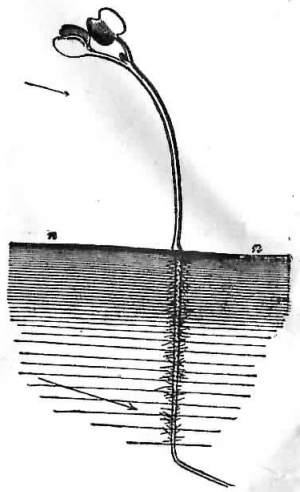
Slika 35. Mjerenje rastenja klica od boba markiranjem, Desno klica s markama u razmaku od 1 milimetra, lijevo nakon 24 sata (Po Nathansonu).

Fototropizam (heliotropizam).

Fototropna gibanja možemo opažati i u prirodi. Stabljike bilja, koje raste na rubu šume, uvijek teže sa svojim vršcima prema svijetlu, a tako isto i one, koje rastu u dubokoj sjeni kojega stabla ili živice. Bilje, koje raste u sobama, redovno pokazuje ovaj pojav rastući u smjeru prema prozoru. Fototropna gibanja pokazuju ne samo više biljke, nego i mnoge alge, a osobito mnoge gljive i među ovima neke plijesni *(Mucor, Phycomyces)*. Svi nadzemni organi klice, dakle stabljika, izuzevši listiće, rastu uvijek prema svijetlu, pa se upravo čini, kao da ih svijetlo nekom magičnom silom k sebi privlači. Ovo gibanje prema svijetlu zovemo pozitivnim fototropizmom. Ako li pak motrimo korjeniće klice — n. pr. gorušice, koja raste za pokus u vodi izložena prema svijetlu —, to ćemo opaziti, da se ti korjenići giblju upravo

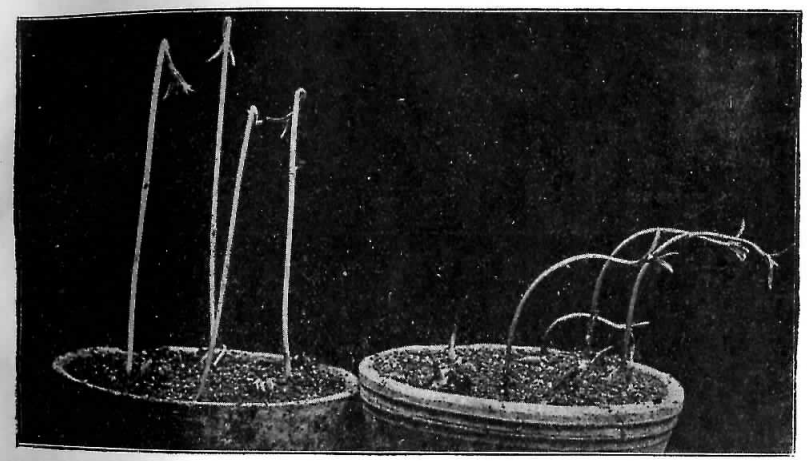
smjerom obratnim nego stabljika (Slika 36.), Korjenići upravo bježe od svijetla, oni su negativno fototropni. To nam se u prvi mah ne čini ni malo čudnim, jer korijen i u prirodi bježi od svijetla, sakrivajući se što dublje u zemlji, a stabljika naprotiv teži sa svojim zelenim organima za svijetlom kao za izvorom svoga života.

Opažanja pojave fototropizma u prirodi i u pokusu dovela su nas do spoznanja, da ima organa biljaka, koji su pozitivno fototropni, a drugi opet negativno. No kasnija točnija istraživanja pokazala su, da to nije baš posve tako. N. J. C. Müller, a poslije njega Oltmanns, istraživali su, kako razna jakost svijetla utječe na fototropno gibanje, pa su utvrdili, da za svaku biljku ima neka jakost svijetla, koja djeluje najpovoljnije i uzrokuje najjače gibanje. Što je svijetlo od toga optima jače, to biva i fototropizam slabiji, dok se konačno kod vrlo jaka svijetla od nešto preko 100.000 svijeća Hefnerovih ne stane gubiti, a što je još zanimljivije, stane se pretvarati u negativni fototropizam. Na posljetku, kod veoma jaka svijetla reagira klica posve izrazito negativnim fototropizmom. Ovi pokusi dadoše osnovku današnjoj nauci, prema kojoj organi biljke nemaju specifičnoga fototropizma, nego reagiraju i pozitivno i negativno, već prema jakosti svijetla, koje na njih djeluje. Kvaliteta fototropizma zavisi dakle o jakosti svijetla. Ali ne uvijek. Evo jednog takova izuzetnoga slučaja iz prirode: Klobučac *(Linaria Cymbalaria)*, koji resi naše zidove i stijene, ima cvjetove na stapkama, koje su pozitivno fototropne. Kad cvjetovi ocvatu i plodovi dozre, promijeni se taj pozitivni fototropizam u negativni, stapke se okrenu i rastu prema zidu, t. j. prema nekim pukotinama zida, gdje sjemenke nađu svoje prirodno klilo. Toj promjeni fototropizma nije uzrok svijetlo, nego razvojno stanje organa. A svrha te promjene leži upravo na dlanu: cvijet raste



Slika 36. Fototropno gibanje klice od gorušice, koja je izrasla na vodi. Strjelica pokazuje smjer svijetla. (Po Sachsu).

prema svijetlu, da ga kukci, koji obavljaju oplodnju, što lakše nađu, a kada je plod dozreo, treba sjeme posijati na pravo mjesto, a to čini biljka sama s negativnim fototropizmom. Sličan pojav našao sam jednom prilikom kod neke alge iz roda *Chara.*[1] Mlade su klice te alge negativno fototropne, a čim se razviju prvi članci nježnoga izdanka, preobrazi se negativni fototropizam u pozitivni. Koja je svrha ovoj promjeni gibanja, ne znamo. Svrha pozitivnoga fototropizma prilično je doduše jasna, jer svi organi, koji imaju hlorofila, teže za svijetlom, pa bi se mnogi biolog možda zadovoljio tim rješenjem i tumačenjem pojava fototropizma; no fiziolog uvijek traži konačne uzroke, a ne svrhu.



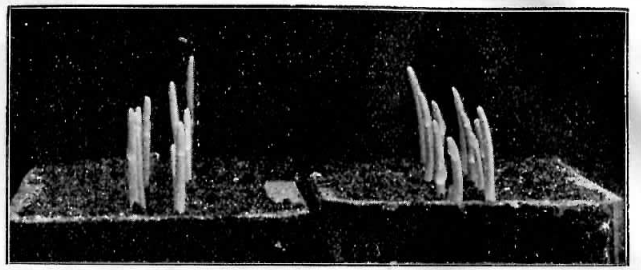
Slika 37. Fototropizam klicâ od grahorice. Lijevo klice neosvijetljene, desno sa strane osvijetljene (Po Pringsheimu).

Uzrok gibanju svakako je svijetlo, i stoga je ponajprije trebalo odnose svijetla prema fototropizmu u tančine ispitati.

Prva utvrđenija istraživanja u tom pravcu proveo je u svoje vrijeme botanik Wiesner; prvi je utvrdio ovu činjenicu: ako klicu, koja je izrasla posve u tami, na nekoliko minuta izložimo svijetlu, pa je prije, nego što je nastalo fototropno gibanje, stavimo natrag u tminu, to onda nastane u tami naknadno gibanje. (Slika 38.). Taj pojav zovemo indukcijom fototropizma.

[1] Vouk V.: Die Umstimmung des Phototropismus bei Chara sp. Berichte der Deutschen botanischen Gesellschaft. Bd. 33. Heft 8. 1915.

Za indukciju je prema tome potrebno kraće vrijeme, nego za reakciju. Po tome pače sudimo i to, da su u organu biljke nastale neke promjene, koje su iste što i primanje ili percepcija podražaja, a tek nakon što je podražaj primljen, nastaje reakcija, naime gibanje. U cijelom nizu pojava, od početka djelovanja podražaja svijetla pa do konačnog vidljivog učinka u gibanju, možemo prema tome dobro razlikovati dvije faze: fazu „osjećanja" (senzitivnu fazu) i fazu gibanja (motornu fazu). Mjerenjem tih faza zalazimo još dublje u bitnost cijeloga pojava. Gibanje kao reakciju, koja je nastala djelovanjem



Slika 38. Fröschelov pokus o fototropizmu. Lijevo klice od zobi uzrasle posve u tami; desno klice osvijetljene jakim bljeskom svijetla od 1/2.000 sekunde.

podražaja svijetla neke jakosti, možemo mjeriti ili konačnim nagibom klice — koji je to jači, što je podražaj jači — ili pak još bolje vremenom, nakon kojega opazimo prvi početak nagiba (reakciono vrijeme). Percepciju podražaja možemo mjeriti najkraćim vremenom, koje je potrebno, da se fototropno gibanje kod neke jakosti svijetla inducira (prezentativno vrijeme). Istraživanja su pokazala, da se ovo vrijeme najkraće indukcije mijenja prema jakosti svijetla, pa su dovela do jednoga osnovnoga zakona fiziologije podražaja. I baš se slučajno desilo, da su ta istraživanja provedena u isti mah na dva mjesta, u sveučilištu u Beču (Fröschel) i u sveučilištu u Utrechtu (Blaauw), i to posve nezavisno jedno o drugom. Bečki pokusi dadoše ove brojeve, tabelarno prikazane:

Jakost svijetla:	*Prezentativno vrijeme:*	*Umnožak:*
0·828 svijeća	7—8 minuta	6·624
3·311 „	$1^1/_3$—2 „	6·622
13·244 „	$^1/_2$—$^3/_4$ „	6·622

Iz ovoga slijedi, da je produkat između jakosti svijetla i tako zvane prezentacije konstantan broj za stanoviti organ biljke. To isto dobijemo, ako gornje brojeve po pravilima geometrije prenesemo na koordinatni sustav, a spojivši crtom dobivene tačke dobijemo potpunu hiperbolu ($x \cdot y$ = konst). Taj zakon nazvan je prema tome zakonom hiperbole, a u novije se doba zove u literaturi običnije produktnim pravilom. A što znači taj produkat jakosti svijetla i prezentacije? Taj broj kaže nam samo cijelu množinu svijetla, koja je utjecala kao podražaj i koju je organ biljke kao fototropni podražaj preuzeo. Iz toga još slijedi, da je za minimalni fototropni učinak potrebna neka konstantna množina svijetla. Za taj su zakon našli već davno prije neki istraživači (Berguet i Richet, Charpentier Block) da vrijedi i za osjetljivost čovječjega oka; to je ponukalo neke (Francé), da su analogijom od čovječjega oka na biljku zaključivali na mogućnost psihičkih potencija kod bilja. No da je ovakovo mišljenje posve krivo, kaže nam to, što taj isti zakon možemo primijeniti i na fotokemijski učinak na običnoj fotografskoj ploči od hlorova srebra, za koji vrijedi Bunsen-Roscoëvo fotografičko reciprocitetno pravilo ($i \cdot t$ = konst). Za čovječje oko, biljku i fotografičku ploču vrijedi dakle isti energetički zakon, da je za neki minimalni učinak potrebna neka količina energije. Možda bi najposlije bilo lakše zaključivati od fotografičke ploče na mogućnost, da se u stanicama na podražaj svijetla događaju u prvom redu neki fotokemijski procesi, koji su onda uzrokom gibanju.

Ta su nas istraživanja poučila i uvjerila o tome, da je biljka doista vrlo „osjetljiv" organizam. Blaauw je naime na osnovi produktnog pravila pojačavao svijetlo, a time je dakako prezentacija, odnosno vrijeme najkraćeg osvjetljenja, bivala sve manja, dok mu napokon nije uspjelo umanjiti ju na $^1/_{1000}$ sekunde. Fröschel, ponavljajući te pokuse, postigao je pače rekord sa $^1/_{2000}$ sekunde. Slika 38. prikazuje nam klice zobi *(Avena sativa)*, koje su izrasle u tami, a na to su posebnim aparatom u posve tamnu ormariću osvijetljene kod jakoga električnoga svijetla, kratkim, zapravo časovitim vremenom od $^1/_{2000}$ sekunde. Fotografija klica nakon jednog sata poslije toga osvijetljenja pokazuje nam, da je taj kratki, ali jaki bljesak svijetla dostajao, da postigne

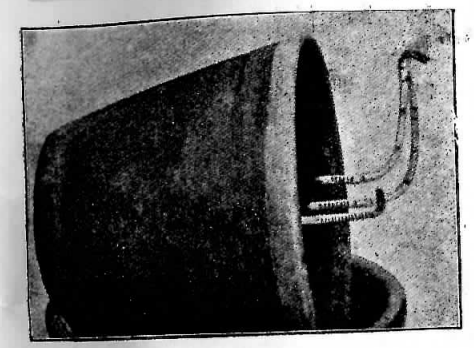
fototropni nagib. Da li je biljka ili biljna stanica može „osjećati" još manje, t. j. još slabije podražaje, nije nam poznato, a nije nam ni dokučljivo, jer osjetljivost bilja možemo prosuđivati samo po konačnoj reakciji, a što se u samoj plazmi događa, nije nam bar sada još pristupačno.

Novija istraživanja nastoje, da se poznati Weber-Fechnerov psihofizički zakon o osjetljivosti primijene i na fototropnu osjetljivost bilja, a to će možda i uspjeti, kao što je potpuno uspjelo dokazati to za kemotropizam, o čemu će se još u ovom poglavlju govoriti napose.

Geotropizam.

Kada klica iz sjemena proklija, raste mlada stabljika ravno u vis, a korjenići upravo obratnim smjerom prema središtu zemlje. To će se pače dogoditi i onda, ako takovu klicu postavimo vodoravno (Slika 39.); ta, i u šumi se često nađe koje mlado, vjetrom povaljeno stablo, koje se na vrhu uspravilo, nastojeći doći opet u svoj prvašnji položaj. U prvi nam se mah čini taj pojav vrlo jasnim; i svaki bi nam seljak odgovorio, da korijen raste u zemlju zato, jer ondje traži hranu, a stabljika teži za suncem, svijetlom, i raste zato u vis. Dakako, fiziologa takav odgovor ne može zadovoljiti, jer nije razlogom ili uzrokom, da korijen raste u zemlju, traženje hrane, nego je to samo svrha, a pravi uzrok gibanju korijena prema središtu zemlje posve je drugdje. To gibanje korijena prema zemlji zovemo geotropizam, a uzrokom toga gibanja jest, kako je to Englez Knight još pred više od stotinu godina dokazao, zemaljska sila teže. Sila teže djeluje na korijen tako, da ga privlači, dok stabljika raste upravo u protivnom smjeru ove sile; zato i kažemo, da je korijen pozitivno geotropan, a stabljika je negativno geotropna. Da je sila teže upravo uzrok ovoga geotropnoga gibanja klice, možemo kao i Knight dokazati eksperimentom. Ako zgodno pričvrstimo klicu na rub centrifugalnoga aparata, te ju tako izložimo djelovanju centrifugalne sile kroz više ura, to ćemo opaziti, da će korijenje rasti u smjeru centrifugalne sile, dok će stabljika upravo uza svu tu silu rasti prema središtu; mi smo dakle zamijenili silu teže silom centrifugalnom, a uspjeh je bio isti. Dokaz o djelovanju zemaljske teže na rastenje i gibanje bilja možemo izvesti i na

drugi način: ako lonac sa klicom, koja raste uspravno, postavimo horizontalno, pričvrstivši ga na stroj, koji tjera ura, to će klica, okrenuvši se po prilici svake ure jednom oko svoje osi, rasti dalje horizontalnim smjerom i ne će se uspraviti. Razlog tome je taj, što kod razitoga okretanja djeluje sila teže svakim časom na drugi dio odnosno na drugu stranu stabljike, te se djelovanja konačno posve izjednače, a stabljika raste istim razitim smjerom. Na taj način možemo horizontalnim okretanjem posve izlučiti geotropsko djelovanje; tu spravu za eliminiranje teže zovemo klinostat (Slika 40.). Takovim klinostatom možemo isto tako izlučiti i fototropizam, ali tada treba da se organ sporo okreće smjerom vertikalnim.



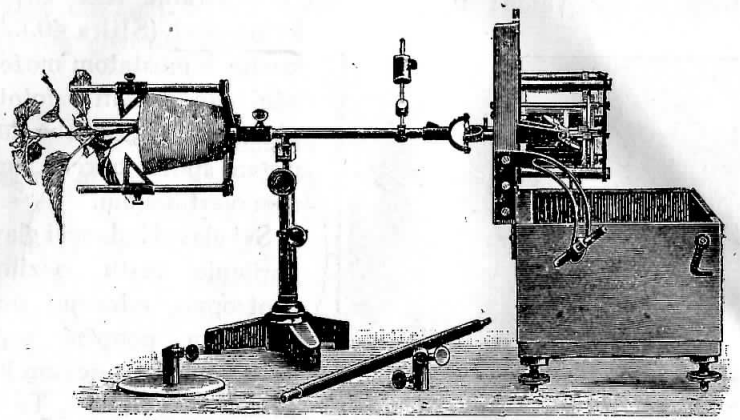
Slika 39. Klice od boba postavljene horizontalno pokazuju geotropno gibanje.

Svi glavni izdanci i glavno korijenje rastu pozitivno geotropno, odnosno negativno, a pobočni organi rastu uvijek u nekom kutu prema glavnoj osi. To je t. zv. pobočni geotropizam ili diageotropizam.

Za geotropizam vrijede ona ista pravila, koja smo upoznali za fototropizam. I ovdje razlikujemo dvije faze: primanje ili percepciju podražaja, i gibanje ili reakciju. I geotropizmom se dade kao i fototropizam kraćim podraživanjem „inducirati", pa i tu možemo naći najkraće vrijeme podraživanja, koje je svakako zavisno o sili djelovanja; ta je sila, drugačije negoli fototropizam, na nekome mjestu na zemlji konstantna. No u pokusu se dade zamjenom teže sa centrifugalnom silom po volji mijenjati sila. Tako je gospođa Rutten-Pekelharings, istražujući odnos između centrifugalne sile i indukcije (odnosno prezentacije, najkraćeg indukcionog vremena) dobila ove rezultate:

Centrifugalna sila (u dinima):	*Prezentacija* (u sekundama):	*Produkat* (vremena i sile):
46	7	322
24	12	288

Centrifugalna sila (u dinima):	*Prezentacija* (u sekundama):	*Produkat* (vremena i sile):
4·84	60	290
0·76	415	315
0·25	1300	325
0·14	2230	312
0·08	3900	312
0·04	7900	312



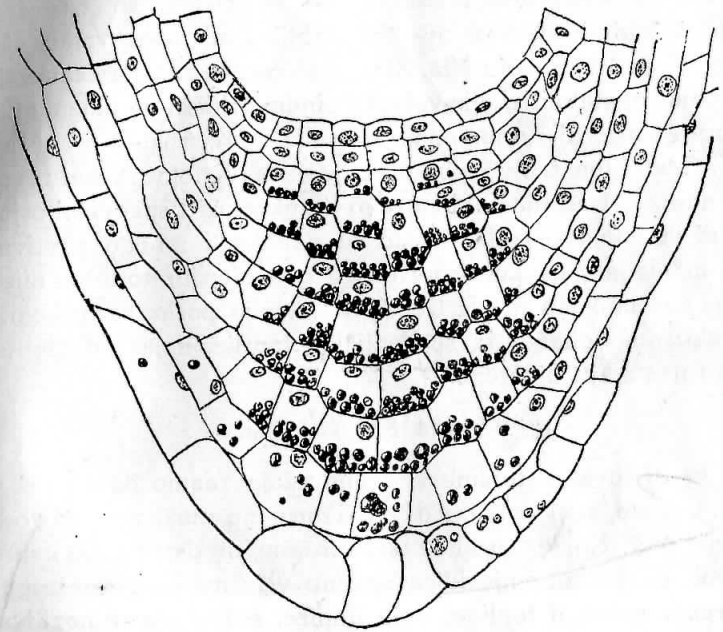
Slika 40. Klinostat Pfefferov.

Produkti vremena i sile daju dakle i ovdje konstantan broj, pa stoga punim pravom možemo ustvrditi, da produktno pravilo, koje smo upoznali kod fototropizma, vrijedi i za geotropizam, a vrijedit će jamačno i za sve vrste gibanja biljke. Neki istraživač zamislio je prilično prihvatljivu pomisao, ne bi li se „produktima" kao izrazima za primanje najmanje množine podražaja mogla isporediti „osjetljivost" bilja. Uzmimo n. pr., da je fototropni produkat za klice zobi 20, a za pšenicu 40, to bismo onda naprosto rekli: pošto pšenica reagira istom na jači podražaj, to je zob dva puta „osjetljivija" od pšenice.

Sila teže djeluje na organ najjače onda, kada se ovaj nalazi u horizontalnom položaju; to je profesor sveučilišta u Bonnu Fitting dokazao izvanredno duhovitim načinom. Tom je prilikom pronašao i zakon, da je sinus kuta otklona organa od vertikalnoga položaja obrnuto omjeran

najkraćemu vremenu podražajnoga djelovanja (prezentaciji). Taj se zakon zove u fiziologiji podražaja sinusov zakon, pa je u svojoj bitnosti isto što i produktno pravilo, jer umnožak sinusa kuta otklona i prezentacije daje i opet konstantan broj.

Pokusi pokazaše, da cijela klica, a napose korijen, nije po cijelom organu jednako osjetljiva na težu, nego je osobito osjetljiva na svome vršku. Darwin, baveći se istraživanjem ovoga pitanja, uporedio je vršak korijena „mozgu" biljke. Neko se vrijeme



Slika 41. Statolitne stanice sa škrobom u vršku korijena. (Po Němecu).

razvila u nauci upravo žestoka borba o ovo pitanje; u njoj su sudjelovali mnogi učenjaci (Pfeffer, Haberlandt, Czapek i dr.), a konačno je urodila novom mišlju: dvojica, profesor fiziologije bilja na češkom sveučilištu u Pragu Bohumil Němec i profesor berlinskoga sveučilišta Gottlieb Haberlandt, izniješe otkriće, da u vršku korijena postoji osobiti uređaj ili organ, koji služi kao osjetilo za primanje podražaja teže, što više, da je taj organ građen posve analogno sjetilnomu „statičkomu" organu,

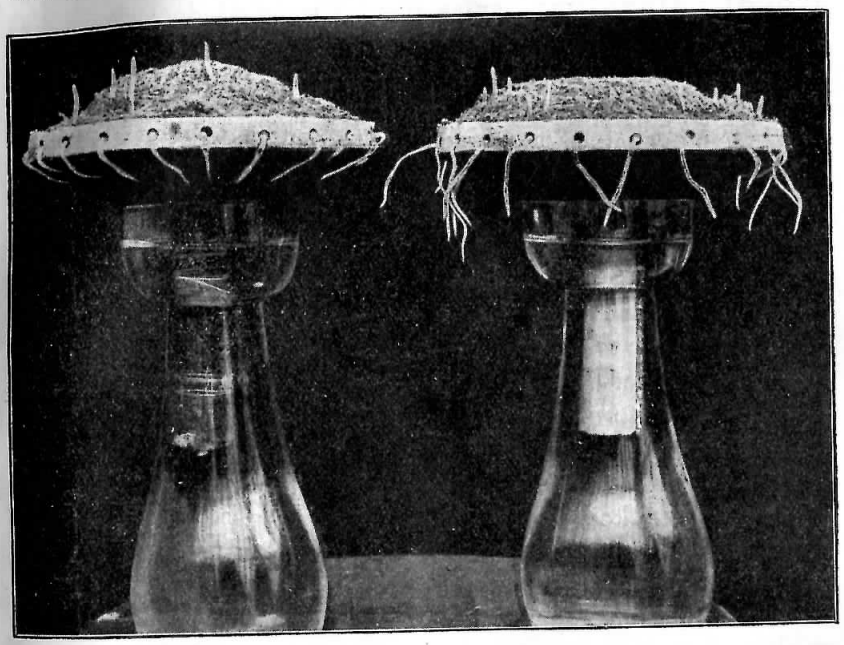
t. zv. statocistima, u životinja. Statociste su naime posebni organi, koji u nekoj šupljini imaju gibljiva tjelešca (sitne kamenčiće), koja težinom svojom pritištu na stijenku, do koje sežu živci; čim se položaj organa promijeni, pomaknu se tjelešca i pritištu na drugu stijenku, a tu promjenu životinja osjeća i nastoji opet doći u prvašnji položaj. Němec i Haberlandt ustanovili su jedan o drugom nezavisno, da i u vršku korijena, i to u kaliptri ili kapi, ima cio red stanica, u kojima se nalaze zrnca škroba. Te stanice služe kao statociste ili kao statolitne stanice (Slika 41.); po tomu se ova teorija u nauci i zove statolitnom teorijom. Ovih statolitnih stanica ima i u stabljici, ali ne u vršku njenu, nego u omotnom sloju žilâ. Škrobna zrnca u tim stanicama služe kao pomični statoliti, koji svojom težinom pritištu na plazmu i time stvaraju „osjećaj normalnoga položaja". Němec-Haberlandtova statolitna teorija pobudila je u naučnome svijetu veliko zanimanje, jer se njome donose prvi put izraziti specifični osjetilni organi ili biljna osjetila. Našlo se dakako i mnogo protivnika, koji su gledali, da pokusom obore ovu teoriju, no to im nije uspjelo, baš kao što ni Haberlandtu nije pošlo za rukom, da je pokusom dokaže; ta se genijalna teorija nalazi dakle još i danas u stadiju hipoteze.

Ostali tropizmi.

O djelovanju topline kao podražaja znamo danas još vrlo malo, pa stoga ni o termotropizmu ne možemo mnogo pozitivna reći. Koliko su klice termotropne, ne da se reći; naprotiv se čini, da je korijenje klicâ općeno više manje termotropno, i to prema množini topline, koja dopire, pojavljuje se pozitivni ili negativni termotropizam. U prirodi se termotropizam rijetko opaža: neki drže, da gibanje zvjezdaste šumarice *(Anemone stellata)* i tulipana *(Tulipa silvestris)* prema suncu nastaje od zrakâ topline, a ne od zrakâ svijetla.

I hidrotropizam kao gibanje, koje nastaje na podražaj vlagom, poznajemo tek od pokusa. To nam najbolje osvjetljuje pokus profesora Molischa, kako nam ga prikazuje slika 42. Zemljana posuda ljevkasta oblika ima na rubu malene rupice, kroz koje prodiru korjenići kukuruzovih klica, što su proklijale u vlažnoj pilovini na posudi. Posuda je odozdo oblijepljena bugačicom,

a stoji u staklenoj posudi napunjenoj vodom. Desna posuda nalazila se za pokusa pod staklenim klobukom u prostoru, koji je bio napunjen vodenim parama. Korjenići su, kako to vidimo na slici, rasli na sve strane, budući da je svagdje u prostoru vlaga bila jednaka. Lijeva posuda naprotiv bila je za pokusa postavljena u otvorenom prostoru, koji bismo lakše mogli nazvati suhim negoli vlažnim. U takovu prostoru vladala je izrazita razlika vlage okolišnoga prostora i ljevkaste i šupljikaste



Slika 42. Pokus o hidrotropizmu korijenja po Molischu.

glinene posude, koja je neprestano upijala vodu iz staklene posude. Kako nam jasno prikazuje fotografska snimka, korjenići nijesu u tom slučaju rasli na sve strane, nego su se posve priljubili uz vlažnu stijenu glinene posude i to usuprot geotropizmu: korjenići se gibljju prema vlazi, pa mi kažemo, da su pozitivno hidrotropni. Vjerojatno je prema tome, da te vrste gibanja korijena ima i u prirodi onda, kada sjemenka proklija na vlažnoj zemlji; na takav proklijali korjenić ne djeluju samo pozitivni geotropizam i negativni fototropizam, nego i pozitivni hidrotropizam.

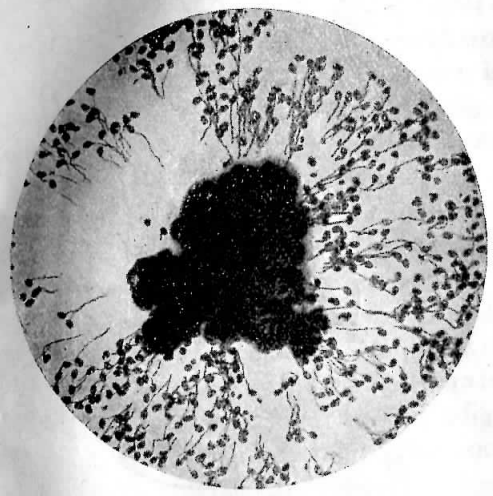
Sve te tri sile djeluju zajednički i vuku korijen u zemlju, gdje će on naći svoju hranu.

O aerotropizmu govorimo onda, ako u zraku ima plinova, koji s povećanom snagom dolaze u jednom smjeru i djeluju kao podražaj za gibanje. To mogu biti razni plinovi, kao kisik, ugljični kis, rasvjetni plin, amonijak i t. d. No u prirodi jedva gdje mogu nastati takova gibanja, pa ih zato poznajemo samo po eksperimentu. Takova gibanja možemo zvati i kemotropnim gibanjima, jer se tu radi samo o jednostranom djelovanju kemijskih podražaja. Neka kemotropna gibanja pojavljuju se i u prirodi, pa imaju u životu biljke osobito važnu zadaću. Spomenut ću ovdje samo dva slučaja:

Oplodnja se kod višega bilja sastoji u tome, da polenovo zrno proklija na njušci pestića i poput male mješinice raste kroz cijeli vrat sve do sjemenoga zameta i čak do jajne stanice, koju onda oplodi. Pita se, koja sila upravlja rastenjem te polenove mješinice i pokazaje joj put upravo do jajeta. Prema pokusima japanskoga profesora Miyoshia i Šveda Lidforssa vjerojatno je, da je kemotropizam ona sila, koja upravlja rastenjem polenove mješinice. Pokusi tih učenjaka pokazaše naime, da su ove mješinice osobito osjetljive prema raznim kemikalijama, a osobito prema organskim tvarima, n. pr. prema sladoru i bjelančevini. Neka nam to osvijetli ovaj Lidforssov pokus: U posudi se nalaze polenova zrnca, koja su proklijala u zaslađenoj gelatini sa 3%-tnim sladorom. U sredini posude postavljena je grudica dijastatičkoga fermenta (dijastaze). Kako nam slika 43. prikazuje, rastu sve polenove mješinice upravo ravno prema dijastazi, kao da ih ova privlači. Polenove su mješinice prema tome fermentu pozitivno kemotropne. Po ovom pokusu možemo pomišljati na to, da se i u pestiću, odnosno u sjemenom zametu, nalazi neki fermenat, koji kemotropno djeluje na rastenje polenove mješinice.

Drugi još zanimljiviji primjer neka nam bude gibanje spermatozoida nekih mahova jetrenjaka *(Marchantiales)*. Ovi imaju naime muške i ženske spolne organe na posebnim stapkama. Kao muški spolni organi služe anteridiji, koji imaju tek nekoliko stanica, a stvaraju gibljive spolne stanice, spermatozoide. Kao žensko spolovilo služi organ arhegonij, koji se vidi poput trbušaste boce sa odužim grljkom (Sl. 44.). U trbušastom dijelu nalazi se jajna stanica.

Oplodnja sastoji u tome, da spermatozoid uđe u vrat arhegonija do jajeta, s kojim se onda sjedini. Kako takav maleni spermatozoid ipak nađe put u onu usku cijev arhegonija? Jamačno ne slučajno. Profesor Pfeffer, jedan od najznamenitijih sada fiziologa, utvrdio je pokusima, da arhegoniji izlučuju nekakovu kiselastu tvar (jabučnu kiselinu?), koja kemotropno djeluje na spermatozoide i zato ih privlači u vrat. Pfeffer je pravio pokuse s tankom kapilarom, koju je napunio organskim kiselinama i stavio pod mikroskopom u kapljicu, u kojoj je bilo spermatozoida: ovi su kod neke koncentracije kiseline svi kao na kakovu zapovijed uletjeli u usku kapilaru. Mijenjajući koncentraciju kiseline uvjerio se Pfeffer o tome, da postoji osobiti odnošaj između podražaja i osjetljivosti spermatozoida. Ako su spermatozoidi bili u vodi, to je trebalo i najmanje koncentracije od 0·0001% jabučne kiseline, da dovabi spermatozoide u kapilaru; ako su pak spermatozoidi bili već u nekoj jabučnoj kiselini, to je kao minimalni podražaj mogla djelovati istom jača koncentracija kiseline, i to prema ovim brojevima, koji su utvrđeni pokusima:

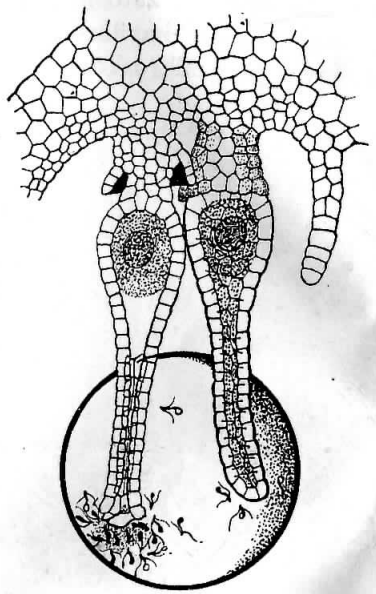


Slika 43. Kemotropno gibanje polenovih mješinica prema nakupini dijastaze (Po Lidforssu).

Vani se nalazi		*U kapilari jabučna kiselina.*
voda		0.0001% jaka.
jabučna kiselina	0.0005%	0.015 % „
„ „	0.001 %	0.03 % „
„ „	0.01 %	0.3 % „
„ „	0.05 %	1.5 % „

Po tome slijedi, da koncentracija jabučne kiseline u kapilari mora biti uvijek 30 puta veća od vanjske koncentracije, da može

djelovati kemotropno; kao podražaj djeluje samo neka određena razlika. A to isto vrijedi, kako je to Weber pokazao, i za osjetljivost čovječje kože. Ako se naime na dlanu nalazi utez od 1 grama, to ćemo moći slijedeću težinu osjetiti istom onda, ako utez povećamo za $^1/_3$, a težinu od 10 grama moramo povećati za $^{10}/_3$. Razlika podražaja mora da je uvijek konstantna. Ovaj odnos između podražaja i osjetljivosti zove se u psihologiji Weber-Fechnerovim zakonom, a izražava se i ovako: osjetljivost raste s logaritmom podražaja. Taj isti zakon vrijedi prema tome i za kemotropna gibanja bilja, a po svoj prilici i za fototropizam.



(Slika 44.). Arhegoniji maršancije *(Marchantia)* sa kapljom vode. Spermatozoidi sakupljaju se samo kod otvorenog vrata, koji izlučuje kiselinu.

I galvanska struja djeluje kao podražaj na korijenje (galvanotropizam), a tako isto i mehaničko jednostrano trenje (tigmotropizam, haptotropizam), pa i struja vode (reotropizam). No sva ova podražajna gibanja poznajemo tek samo u prvom stadiju pokusa.

Kakove promjene nastaju u biljnoj stanici nakon nekoga podražaja, danas još ne znamo, pa je teško reći i to, jesu li te promjene kemijske ili fizikalne. Doduše i u ovim istraživanjima imamo u nauci tek prve pokušaje, koji su za sada dali samo negativne rezultate; no u nauci je vrlo često i upoznavanje negativnih činjenica osobito važno, jer i te činjenice pokazuju i otvaraju nove putove za nova uspješnija istraživanja.

III. Život i građa vegetativnih organa višega bilja.

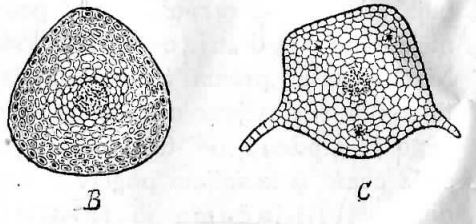
Kad govorimo o „višem" bilju, mislimo na sve one biljke, kojih je cijelo tijelo građeno od organa, koji žive ili nad zemljom (stabljika i list) ili pod zemljom (korijen). Takove vegetativne organe nalazimo kod mahova, paprati i svih javnocvjetaka *(Phanerogamae)*, te ih zato sve zajedno, pošto imaju kao zajedničku oznaku stablo ili kormus (cormus), zovemo stablašicama ili kormofitima *(Cormophyta)*. Ovi su vegetativni organi višega bilja građeni od raznolika, već prema svojoj svrsi udešena staničja, dok je kod „nižega bilja" staničje građeno vrlo jednoliko. Nižemu bilju prema tome pripadaju sve one biljke, kod kojih tijelo nije sastavljeno od pomenutih osnovnih vegetativnih organa, nego je građeno od tako zvane steljke ili talusa *(thallus)*, koju ćemo u kasnijem poglavlju napose upoznati. Ovomu nižem bilju, steljnjačama ili talofitima *(Thallophyta)*, pripadaju gljive, alge ili resine i lišaji.

Ta razlika između višega bilja i nižeg ima svoj dublji razlog i u samom životu toga bilja, jer je i život obiju tih velikih skupova biljnoga carstva u mnogome bitno različan. Upoznavši već, kako se viša biljka razvila od sjemenke, nastavit ćemo promatranje života i građe izrasle biljke.

11. Osnovni građevni plan biljnoga tijela.

Ima jedna bitna osobitost u organizaciji svake biljke, kojom se biljke razlikuju od životinja. Motrimo li razvitak više biljke, to vidimo, gdje se ona sa cijelim razgranjenim sustavom korijenja raširila duboko i široko u tlu; vidimo, gdje se i stablo razgranilo daleko i visoko u stotine ogranaka, a svaki ogranak i ogrančić u stotine listova. Kada bi tko htio izračunati površinu silna drveta, kao što su stoljetni slavonski hrastovi, taj bi našao silan

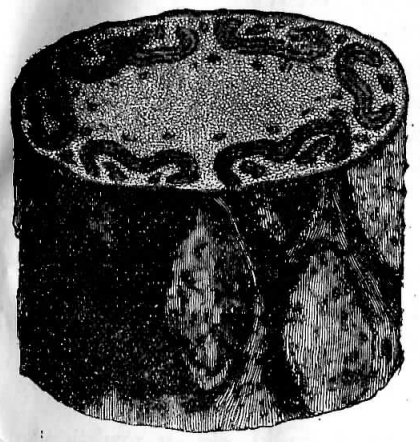
broj, možda i stotine četvornih metara. A čemu tolika razgranjenost bilja, čemu tako silna površina? Uzrok joj je u samom životu biljke. Biljka prima svoju hranu iz najbliže okoline, iz tla i iz zraka, a pri tome ne može promijeniti svojega mjesta. Stoga je biljka prinuđena, da mijenjanjem položaja svojih organa i rastenjem njihovim iscrpe svoju okolinu što više, držeći se pri tom glavnoga načela: povećavanje hranidbene površine. U životinja dolazi već zgusnuta hrana u unutrašnjost tijela, gdje se razrjeđuje i raznosi po cijelom tijelu; stoga su se i hranidbeni organi razvili svojom površinom unutar tijela. Životinja se giblje daleko od svoga mjesta tražeći hranu, te joj nije potrebno da razvija hranidbene organe u prostoru kao biljka. U tome povećavanju vanjske površine glavno je građevno načelo građe više biljke. Vidjet ćemo, da je biljka pod teretom nekih vanjskih prilika prinuđena, da smanji svoju površinu. To se događa primjerice u obrani od prevelikoga gubitka vode (isparivanja ili transpiracije) kod bilja, koje živi u suhom podneblju; tako nastaju životni oblici, koje nazivamo *kserofitima;* u tom se slučaju biljka pobrinula, da poveća svoju površinu u organima, pa su zato kserofiti ponajviše mesnate i debele biljke.



Slika 45. Prerez kroz stabljike mahova *B Polytrichum commune, C Mnium cuspidatum.* (Po C. Müller u).

Biljka ima svakako da udovolji nekim građevnim načelima i u unutarnjoj svojoj organizaciji. Koja su to načela, najbolje će nas poučiti razmatranje građevnoga plana bilo koje jednostavnije građene više biljke. Promotrimo zato n. pr. građu bilo kojega od naših najobičnijih lisnatih mahova *(Mnium, Polytrichum, Bryum)!* Malene su to i nježne biljčice, koje su se tankim korjenićima, nalik na alge, tako zvanim rizoidima, pričvrstile u tlo. Sama nam biljčica prikazuje tanak uspravan izdanak, koji je gdjekada i razgranjen, a posve je obavit vrlo tankim listićima od jednoga jedinoga sloja stanica. Građa takova maha treba da zadovolji poglavito načelu čvrstoće i hranidbe. To su dva osnovna zahtjeva za cijeli plan svake biljke. A ovim zahtjevima udovoljio

je i mah. Poprečni prerez kroz stabljiku maha daje nam sliku parenhimskoga osnovnoga staničja (Slika 45.), koje je obično vani opkoljeno ponešto odebljalim stanicama, a u središtu se nalaze produžene nešto čvršće stanice, koje služe provođenju sokova, a ujedno i pojačanju čvrstoće. Kod paprati je nastala već razdioba rada i uloge među ovim produženim prosenhimskim stanicama; jedne su preuzele na sebe ulogu provođenja hranjivih sokova, a druge služe čvrstoći organa. Tu se razvilo posebno provodno staničje u obliku cijela razgranjena sustava žilâ, koje služe hranidbi biljke (Slika 46.). Te se žile razgranjuju po svoj stabljici i lišću; građene su od raznolikih stanica, a i od cijevi ili traheja, kojima se eventualno pridružuju i mehaničke stanice, kao što su likovnice i drvenčice o kojima smo govorili u predašnjem poglavlju. Površina stabljike i lista prekrivena je kod paprati osobitim slojem tankih i osobito uobličenih stanica: epidermom ili tjenicom. Ta epiderma služi dakle u zaštitu organa prema vani kao kakav kožni sloj, stoga ju zovemo kožnim staničjem. Time je organizacija biljke dalje razdijelila rad i udovoljila zahtjevu zaštite organa prema vani.

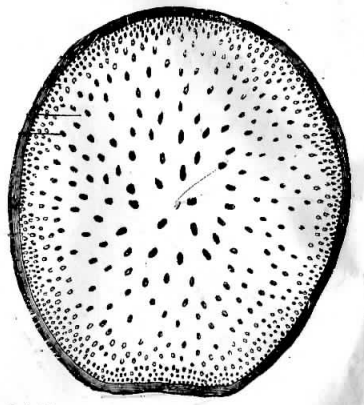


Slika 46. Stablo paprati u prorezu (Warming-Johannsen).

Što je biljka viša po svojoj vanjskoj organizaciji, to je i u biljci razdioba rada i životne uloge bolje porazdijeljena. Promotrimo u tu svrhu građu bilo koje jednosupnice ili monokotiledone *(Monocotyledonae)!*

Popriječni prerez kroz stabljiku kukuruza daje nam tipsku mikroskopsku sliku monokotilne stabljike. U toj nam slici u prvi mah udaraju u oči neki skupovi stanica, koje svojim sastavom i građom odaju posebnu funkciju (Slika 47.). To su žile (cijevni svesci ili provodni snopići), koje se sastoje ponajviše od raznolikih cijevi, te protječu cijelim stablom od periferije prema središtu i opet prema periferiji radijalnim smjerom. Promatramo

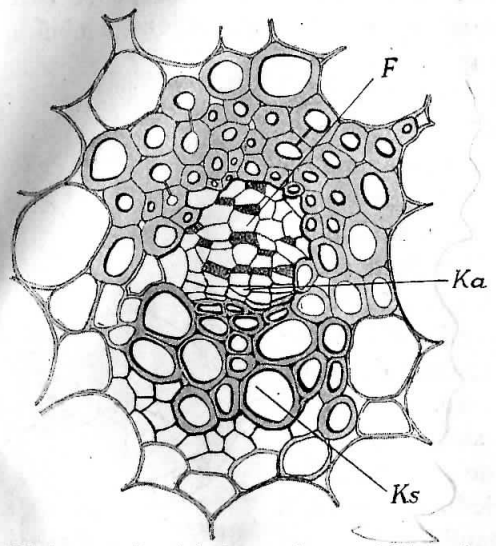
li pobliže bilo koju žilu u prerezu, opazit ćemo jasnu razliku građe u dva skupa stanica (Slika 48.). U kratko ćemo nazvati jedan skup, koji je bliže središtu stablike, drvenim dijelom (ksilem), a drugi skup sitastim dijelom (floem) ili likom. Drveni dio osobiti je time, da su mu, kako to već ime označuje, stijenke odrvenjele, a sastoji se poglavito od drvenih cijevi ili traheja, traheidâ i od parenhimskih stanica. K tomu se pridružuju još i produžene drvenčice (libriform). Drugi skup cijevi i stanicâ preuzeo je službu provođenja sokova, a drvenčice služe čvrstoći žile. Među sobom su sitaste cijevi i likovnice vezane parenhimskim stanicama. Kod prilike ćemo upoznati, da se floem i ksilem i u svojoj zadaći, koju vrše u biljnom tijelu, bitno razlikuju. I kod dvosupnica *(Dicotyledonae)* nalaze se jednako građene žile, samo što su poređane pravilno u jednom krugu, dok su kod jednosupnica bez reda porazmještene po cijelom prerezu.



Slika 47 Presjek kroz stabljiku kukuruza kao tip monokotilnoga stabla (Warming-Johannsen).

Pojedini elementi, koji sačinjavaju žilu, smješteni su među sobom, a i prema ostalom staničju, uvijek po nekom građevnom planu. Taj je plan proveden na načelu, koji nalazimo svagdje u prirodi, a upotrebljava ga i razumni čovjek pri svakom koraku u praktičnom životu; to načelo glasi: sa što manje potroška sile treba postići što veći uspjeh, što veći učinak. Ako to načelo primijenimo na građu, vrijedi pravilo: sa što manje materijala treba postići što veću čvrstoću. Njemački anatom Schwendener prvi je na tom važnom načelu tehničke mehanike promatrao građu biljnoga tijela, te je uvidio, da svi osnovni zakoni mehanike, po kojima inženjeri izvode svoje građevine, postoje i u građi biljnoga tijela. Za Schwendenerom se poveo njegov učenik profesor Haberlandt, te je proveo načelo promatranja biljne građe s mehaničkoga gledišta dosljedno za cijelo biljno carstvo. Evo, u čemu su ti principi:

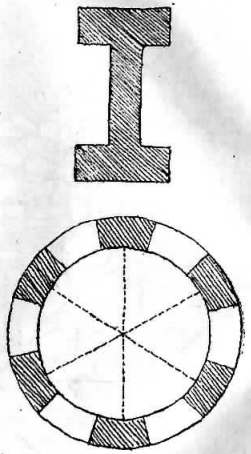
Ako mehanik pravi kakav stroj ili nešta slično, treba svakako da ima na umu, kakovu da čvrstoću ima njegovo djelo: ili da izdrži kakav pritisak (parni kotao) ili je izloženo pregibu (poluga) ili da izdrži poteg (rudo). U svakom slučaju treba da po mogućnosti uštedi građe, a da pri tom ne ošteti čvrstoću, kako to i zahtijeva osnovno načelo gradnje. Tako i u gradnji biljke mogu doći sva ta tri momenta čvrstoće do izražaja, a osobito momenat pregiba. Svaka biljka, zelen i drvo, izvrgnuto je pregibu od tlaka vjetra; svaki i najmanji vjetrić može i najmanju grančicu ili travku zanjihati, te građa toga bilja treba da bude u najboljem odnosu s gibanjem uzduha. To isto gibanje čini ujedno i poteg na korijenje, na koje inače djeluje pritisak zemlje; korijenje bilja treba dakle da u svojoj građi zadovolji načelo čvrstoće u pogledu na poteg a i u pogledu na pritisak.



Slika 48. Presjek kroz žilu iz stabljike žabnjaka *(Ranunculus serbicus). Ks:* ksilem ili drveni dio, *F:* floem ili sitasti dio, *Ka:* kambij. (Po Němecu).

Pitajmo prije svega mehanika, kako li bi on gradio biljno tijelo obzirom na čvrstoću, da mu tko povjeri tu zadaću. Držao bi se svojih pravila, koja će nam rastumačiti ovaj primjer: Pritištemo li na masivni stupac, koji svojim krajevima leži na podlozi, a slobodan je u sredini, upravo u sredini, to će se stupac već prema jakosti pritiska svinuti. Zato će se čestice na mjestu pritiska na gornjoj strani stupca stisnuti, a na donjoj će se strani rastegnuti. Prema tomu će se čestice k sredini stupca odozgo stiskati sve manje, a odozdo sve manje rastezati; tako nastaje središnja neutralna zona (pojas), koja se nije ni stegnula ni rastegnula. U sredini stupca nema dakle nikakove napetosti, na gornjoj pak i donjoj

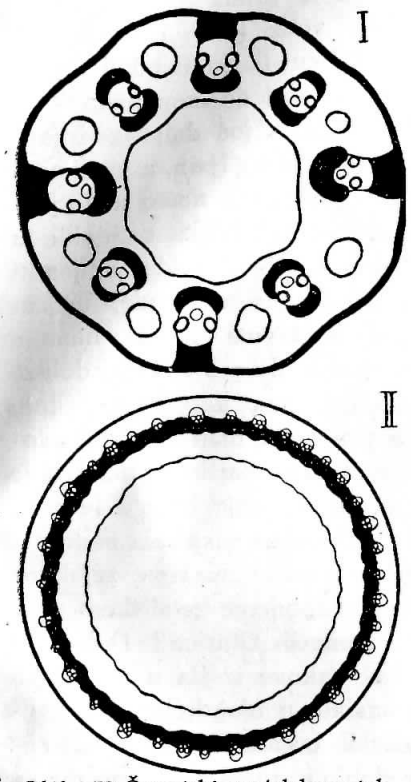
strani prema površini napetost je sve veća. Želimo li dakle, da taj stupac bude tako čvrst, da se na pritisak ne svine, to ćemo čvrstoću povećati samo na onim dijelovima, gdje je napetost najveća, dakle na gornjoj i donjoj strani, a u sredini će moći ostati i slabiji materijal. Tako je nastala u mehanici poznata konstrukcija čvrstoga stupca u obliku slova I ili T, odnosno u obliku slova H. Stupci su takova tipa traverze na kakovimi su izgrađene moderne građevine, kuće i mostovi (Slika 49.). Kod traveraza su pobočni krajevi, tako zvane ramenice, čvrste, a ispunjak je tanak. Takova traverza ima posve istu čvrstoću, kao da bi bila građena od masivna željeza u obliku potpuna četverouglasta stupca. Kod traverze je dakle mehanik uštedio onu suvišnu građu u sredini, postigavši istu čvrstoću. To načelo izgradnje traveraza nalazimo i u građi bilja, jer su traverze čvrste za pregib, a takove čvrstoće ima najviše kod bilja. Gotovo svaka mehanički učvršćena žila u listu ili stabljici pokazuje takovu čvrstoću, te su stoga mehanički elementi u žili, likovnice i drvenčice postavljene samo na oba kraja žile, čineći tako traverzu. Takova pojedina traverza čvrsta je samo onda, ako pritisak ili tlak dolazi s jedne strane. (Sl. 50. I.). Taj je slučaj kod bilja rjeđi, jer su biljni organi kao stabljike izvrgnuti obično svestranomu tlaku, kao što je udarac vjetra, koji dolazi sa svih strana. Tu dakle treba postaviti traverze sa svih strana, i to unaokolo, tako da se ramenice dotiču. Tako od sistema traverza nastaje potpuna čvrsta cijev. Takove šuplje cijevi upotrebljavaju mehanici često, jer pri tome uštede unutarnji materijal, kao što n. pr. kod kostura dvokolice. Biljne stabljike vrlo su često na taj način građene, n. pr. kod luka (Slika 50. II.).



Sl. 49. Gore traverza u prorezu, dolje sistem traveraza u cijevi.

Biljni organi, koji su izvrgnuti potegu, kao što su korijenje i stabljike mnogoga vodenog bilja izvrgnute vodenoj struji, građeni su posve drugačije. U tom slučaju djeluje tlak potega jednoliko na čitavi prerez i radi toga moraju i mehanički elementi

biti po čitavom prerezu poredani jednoliko, da poradi nejednake čvrstoće ne nastane rastrgavanje. Jednoliko poređanje mehaničkih elemenata najlakše se provodi, ako se postave na gusto u sredini organa. Tako je doista građena stabljika vodene biljke voščike *(Ceratophyllum)*, a i korijenja, kod kojeg su mehanički elementi zajedno s provodnima poređani u jednoj centralnoj cijevi.



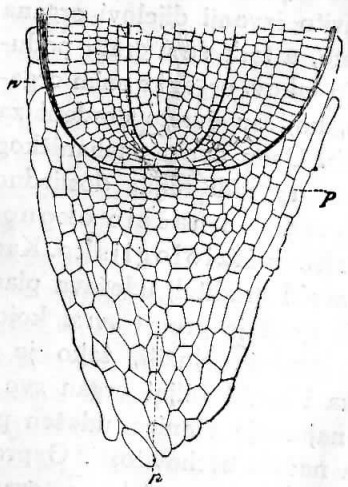
Slika 50. Šematski presjek kroz stabljike. I. *Trichophorum germanicum* sa sistemom traverza na žilju. II. *Allium odorum* sa sistemom šuplje mehaničke cijevi.

Čvrstoća na pritisak sa strane postizava se na taj način, da se poglavito izvanji dijelovi organa učvrste, a tada se u građi podudaraju takovi organi s onim organima, koji su čvrsto građeni za pregib. Osim ovoga mehaničkog načela u građi biljke dosljedno je provedeno i načelo ekonomijsko ili fiziologijsko. Kao što svaki graditelj udešava plan svoje gradnje prema svrsi, kojoj ima gradnja služiti, tako je i biljka i svaki biljni organ sve i do najmanje stanice udešen po tom načelu svrhovitosti. O provođenju toga načela u građi biljke imat ćemo dovoljno prilike da se upoznamo u poglavlju o životu bilja pod raznim uvjetima. Tu ćemo onda vidjeti i uvjeriti se, da je građa biljke udešena ekonomički, te se uvijek prilagođuje vanjskim životnim prilikama.

12. Kako biljka prima hranu iz zemlje i kakova je ta hrana?

Netom se klica, potrošivši svu spremljenu hranu iz pričuvnih organa, izvila iz sjemene lupine, prinuđena je, da sama svojom snagom traži sebi hranu. Vegetativni organi biljke razvili su se u zraku i u zemlji ili u vodi, te prema tomu mogu

samo i tih medija crpsti potrebnu hranu. A što je uopće ta hrana? Hranom zovemo sve one tvari, bez kojih biljka uopće ne može živjeti. To su u prvom redu mnoge elementarne tvari koje nalazimo u svakoj biljci. Takova je hrana voda, jer u svakoj biljci ima obično vrlo mnogo vode (70% i više), već prema osobini same biljke. Ako biljku ili koji biljni organ polako grijemo, voda će se ispariti, a ostat će nam neka količina suhe tvari. Grijemo li taj suhi ostatak još dalje kod jače temperature, pretvorit će se suha biljka u ugljen, a spalimo li konačno taj ugljen žarenjem, ostat će nam tek nešto malo pepela, koji se sastoji od samih rudnih tvari. Biljka se dakle u glavnom sastoji od vode, ugljena i pepela, odnosno od vode, ugljika i rudnih sastavina. Danas nam je posve jasno, da sve te tvari dolaze u biljku izvana kao hrana, koju biljka prima, te nam se vrlo čudnim čini pitanje berlinske akademije nauka, za riješenje kojega je pred nešto 100 godina raspisala nagradu, a koje je glasilo: „Kakove zemljane elemente dobijemo kemijskom analizom domaćih žitarica? Dolaze li ove kao takove iz tla u biljku, ili pak nastaju u njoj djelovanjem vegetativnih organa?" Kemik Schrader dobio je raspisanu nagradu za ovaj lakonski odgovor: „Biljke stvaraju sastavne dijelove pepela svojim životnim procesom".



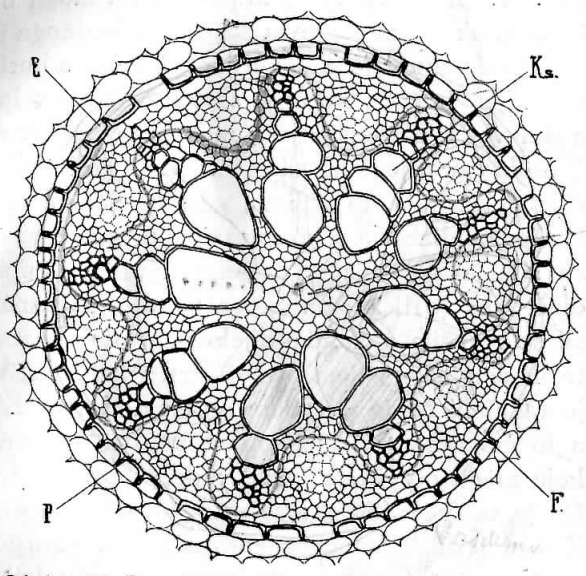
Slika 51. Vršak korijena od ječma, *p* kapa.

Da je tadanji učeni svijet sumnjao u ispravnost Schaderova nalaska, dokazuje nam činjenica, da je nešto četrdeset godina zatim postavila akademija nauka u Göttingenu novo pitanje koje, je glasilo drugačije, naime: „Da li se anorganski elementi, koji se nađu u biljnom pepelu, i onda nalaze u njemu, ako ih biljci izvana ne dajemo." Ovo pitanje bilo je dakle postavljeno oprezmije, te je dovelo i do željenoga rješenja, na kojem se osniva današnja nauka o hranidbi bilja, koja nas uči, da rudna hrana dolazi u biljku iz tla i da zemlja biljku i nas hrani.

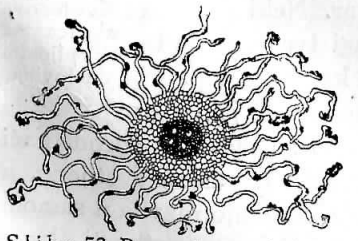
Prije nego li uđemo u razmatranje o bilinskoj rudnoj hrani, treba da upoznamo ponajprije sastav i građu organâ, koji služe primanju te hrane, a to je korijen.

Građa korijena i zadaća njegova u životu biljke.

Već u zametku klice opaža se mali korjenić (radicula), koji se sastoji još posve od meristemskog staničja, te na svojem vršku ima tako zvani vegetacijski vrh ili tjemenište s kapom (kalyptra) (Slika 51.). Iz toga vegetacijskoga vrška počnu se razvijati produžene meristemske stanice, koje nazivamo prokambij. Ovaj prokambij stvara cijeli sustav žila, koje se u izraslom korijenu svrstaju upravo u sredini, činеći potpun valjak. Vani je korijen obložen slojem tankih i izbočenih stanica. To je korijenova tjenica ili epiblem (epiderma). Nekoje od stanica ove tjenice izbočile su se toliko, da su postale upravo prave korijenove dlačice (Slika 53.). Pod tjenicom nalazi se obično parenhimsko staničje, a u njegovu se središtu nalazi sistem žilâ smješten u t. zv. centralnom valjku ili cilindru. Te su žile porazmještene tako, da se radijalnim smjerom izmjenjuju drvenasti



Slika 52. Razmještaj žiljnoga sistema u centralnom valjku korijena. *F* floem, *Ks* ksilem, *E* endoderma. Sve prikazano šematski.


Slika 53 Prerez kroz mladi korijen sa korijenovim dlačicama (Warming-Johannsen).

dijelovi s trahejama (ksilem) i sitasti dijelovi (floem) (Slika 52.). Taj sustav provodnih cijevi vezan je među sobom staničjem ili parenhimskim ili sklerenhimskim, a vani je opkoljen jednim slojem osobito građenih stanica, koji služi kao omot. Te su stanice t. zv. endoderme često plutaste, a mogu biti i odebljane; po tome sudimo, da služe za zaštitu trahealnoga ili cijevnog sustava.

Najznatniji je dio korijena tjenica s korijenovim dlačicama; ona nije plutasta, nego se sastoji od čiste celuloze, pa stoga propušta vodu. Propuštanje i upijanje vode glavna je zadaća tjenice, a osobito korijenovih dlačica. Ako mladi korijen koje biljke izvučemo iz zemlje, to vidimo, gdje se zemlja drži dlakavoga dijela korijena. Mikroskopsko istraživanje može nas uvjeriti o tome, da su sitni rudni dijelovi zemlje upravo slijepljeni s korijenovim dlačicama (Slika 54.). Uloga tih dlačica jasna je. One su se slijepile s rudnim dijelovima, sitnim kamečićima, te ih čitavom svojom osmotskom snagom sišu. Posve je razumljivo, da ti korjenići moraju rastvarati te rude, a to mogu samo izlučivanjem takovih aktivnih tvari, koje mogu otopiti te tvrde rude, n. pr. neke kiseline. Da je ta tvar doista kisela, o tome se možemo vrlo lako uvjeriti. Namočimo zato nekoliko gorušičnih sjemenaka, te ih stavimo, da kliju, u posudu, kojoj je dno prekriveno navlaženim lakmusovim papirom modre boje. Proklijalo će se sjeme na papiru razviti, te ćemo sada opaziti, da je modri lakmusov papir blizu korjenića pocrvenio, a to možemo tumačiti samo time, da je korjen izlučivao neku kiselastu tvar. Neki drže tu tvar ugljičnom kiselinom, a opet drugi tvrde, da je to neka organska tvar · za sigurno nije kemizam te tvari utvrđen. Djelovanje te tvari svakako je vrlo jako, jer može i najtvrđi kamen rastvoriti. Često se može u prirodi naći grmlja, a i drveća, koje je sjeme zaneslo u pukotinu stijene, a iz njega se razvila biljka, koja je svoje korijenje razvila u samom živom kamenu. Da korijenje može i tvrdi kamen otapati, kaže nam i pokus: stavimo li na dno lonca, u kojem se goji pelargonija ili koji drugi cvijet, glatku mramornu ploču, to ćemo nakon mjesec dana na toj ploči jasno razabrati tragove korijenja, koje je na ovoj ploči raslo. I sam tvrdi mramor može dakle postati

Slika 54. Korijenova dlačica sa slijepljenim dijelovima zemlje.

žrtvom biljnoga života. Sada nam je jasno i to, kako može nježni organ, kao što je korjenić klice, prolaziti kroz tvrdu zemlju: korijen stvara sebi put sam rastapajući rudne tvari.

No nije dosta, da korijen rudne tvari samo rastopi; treba tu i vode, koja će rastopljenu tvar razrijediti, jer samo razrijeđena može ući u stanicu. Osim toga ista ta voda, koje ima u tlu, i sama topi rudne tvari. Količina vode, koje ima u tlu, ovisna je o kakvoći tla; tanka i dobro smrvljena zemlja ima uvijek više vode negoli krupna i tvrda zemlja. Kakvoću tla s obzirom na upijanje i zadržavanje vode možemo brojčano uporediti tako, da količinu vode, obzirom na neki obujam, označimo vodenom kapacitetom tla. Uporedimo li tu vodenu kapacitetu tla izraženu u postocima obujma raznolikih vrsta tla, dobijemo ove brojeve:

humozno tlo (zemlja crnica)	85
ilovasto tlo	53
tanki pješčenjak	30
šljunkasto tlo	10

Što je dakle tlo tanje, to je bolje za život biljke, jer sadržaje više vode. Takovo tanko tlo ima još i drugo znatno svojstvo, da lako upija razne tvari, a osobito vapno, kalij, magnezij, amonijak i fosfornu kiselinu. Ako za pokus vodu, koja je bojadisana vrlo razrijeđenom otopinom lakmusa, procijeđujemo kroz tanko tlo, to će filtrat biti bez boje, jer je tlo upilo lakmus. Tako će isto i smradna gnojnica, ako je filtrujemo kroz tanko tlo, postati čistom tekućinom bez neugodna vonja.

Još i posljednje svojstvo tanka je tla u tome, da kroza nj' prodire korijenje mnogo lakše nego kroz tvrdu zemlju, te se biljka lakše zakorijeni i razgrani. To je razgranjenje vrlo važno za upijanje vode i u njoj otopljenih tvari, jer što je površina za upijanje veća, to će ovo biti uspješnije. Kako je površina korijenja zaista vrlo velika, kažu neka mjerenja. Nobbe je izračunao, da jednogodišnja žitarica ima dužinu korijenja 500—600 metara, a dužinu korijenja od jedne buče (bundeve) cijeni i na 2·5 kilometra. Po Sachsovu računu zauzima korijenje sunčanice prostor od 1 kubičnoga metra, a prema tome bi mnogo drveće zauzimalo prostor od više stotina kubičnih metara. Posve je

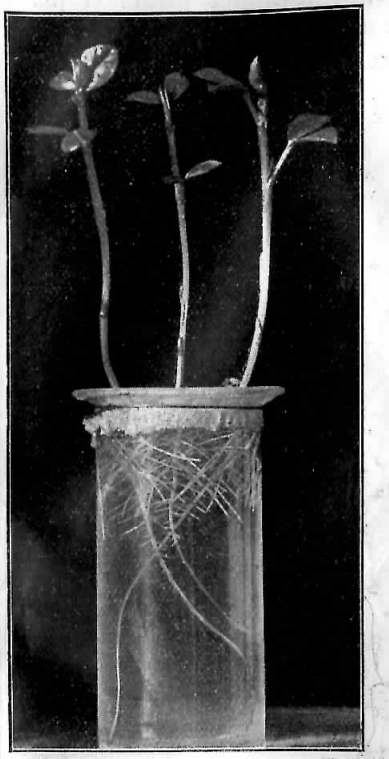
razumljivo, da razno drveće ima i različito razgranjen sustav korijenja. Prema mjerenju Nobbeovu odnose se n. pr. dužine korijenja jednogodišnjega drveta jele, smreke i bora kao 1 : 2 : 12. Bor ima prema tome korijenje kud i kamo jače nego jela i smreka. No taj račun s obzirom na upijanje vode i rudnih tvari nije posve čist. Kod grmlja i drveća, a i kod višegodišnjega bilja, treba da razlikujemo ono korijenje, koje služi učvršćenju biljke u tlu, od onoga korijenja, koje služi samo upijanju vode. Ovo je posljednje nježno i ima tjenicu, koja služi kao apsorpcijsko staničje, dok je ono korijenje, koje služi učvršćenju, deblje i čvršće te više nema tjenice, nego je prekrito korom, koja je građena od plutastih, pločastih stanica, koje sastavljaju osobito staničje, zvano periderma. Periderma ne propušta vodu, te prema tome i ne dolazi u obzir za upijanje vode.

Kolika je množina vode, koju korijenje upija, može nam dati sliku ona količina vode, koju biljka kroz lišće neprestance isparuje. Ali o tome ćemo do zgode u drugom poglavlju.

O rudnoj bilinskoj hrani.

Pitanje, koje li rudne tvari prima biljka iz tla, danas je potpuno riješeno. Analize pepela raznih bilina pokazale su, da u bilinama ima vrlo mnogo rudnih tvari, pa tako gotovo u svakoj bilini možemo naći kalija, natrija, vapna, fosfora, željeza, sumpora, kremika, hlora, magnezija, aluminija, a u nekima ima i litija, joda, fluora i drugih rjeđih rudnih tvari. No time ne rekosmo, da sve te tvari, koje se nalaze u biljci, valja da držimo hranilima. Pokusi su naime pokazali, da mnoge od tih tvari nijesu upravo potrebne za život biljke, te i bez njih može biljka uspješno rasti i razvijati se. To se utvrdilo onom prilikom, kada se rješavalo pitanje akademije nauka u Göttingenu, koje smo prije spomenuli; riješili su ga ljekarnici Wiegmann i Polstorff (god. 1842.). Oni su načinili vrlo skup pokus. Da pitanje o hranidbi biljke rudnim tvarima riješe, svakako su mjesto zemlje morali naći drugi medij za gojenje biljke, koji ne sadržaje nikakovih lako otopivih tvari. U tu svrhu uzeše sitne odreske platine; nju su onda zaljevali vodom, u kojoj su otopili neke rudne tvari. Poslije su mjesto skupe platine upotrebili dobro isprani kremeni pijesak. Knopp je olakšao te pokuse tako, da je mjesto platine

i kremena upotrijebio samu vodu. Biljke su jednako rasle s korijenjem u vodi kao i u tlu, jer su imale dosta hrane. Takovim „vodenim kulturama" možemo gotovo za svaku biljku pronaći, koje i koliko rudnih tvari treba za normalni razvitak. Za pouku možemo takav pokus načiniti s grahom ili kojom običnom žitaricom na ovaj način:



Slika 55. Kultura boba u vodi, u kojoj su otopljene rudne soli.

Prije svega treba zdravo i klijavo sjeme staviti kroz nekoliko sati u vodu, da nabubri. Tako nabubrilo sjeme postavi se na vlažnu bugačicu u posudu ili u pilovinu. Tu će sjemenke već zu koji dan proklijati, a onda ih istom treba postaviti na posudu za kulturu. Za to će nam najbolje poslužiti staklena boca s vrlo širokim grljkom, u kojem se nalazi čep s rupom u sredini, gdje se čistim pamukom pričvrsti klica. Možemo još zgodnije upotrebiti i takove široke posude, kakove se upotrebljavaju za konservisanje voća; mjesto čepom prekrijemo ih organtinskom tkaninom, na kojoj pričvrstimo i po više klica u jednoj posudi (Slika 55.). Posuda se napuni destilovanom vodom, u kojoj su otopljene rudne tvari u ovom omjeru:

na 1.000 grama		destilovane vode
1	gram	kalcijeva nitrata $[Ca(NO_3)_2]$.
0·25	grama	magnezijeva sulfata $[MgSO_4]$.
0·25	„	kalijeva fosfata $[KH_2PO_4]$.
0·25	„	kalijeva nitrata $[KNO_3]$.

a k tome još treba dodati dvije tri kapi vrlo razrijeđene otopine željeznoga hlorida ili sulfata, tek toliko, da u otopini bude tragova željezu. U takoj hranidbenoj otopini, Knoppovoj otopini,

uspijevaju biljke normalno. U toj otopini nalazimo elemente: kalcij, kalij, magnezij, fosfor, sumpor, željezo, dušik, vodik i kisik. Ovih je 9 elemenata prema tome svakako potrebno za normalni razvitak biljke, a k njima pridolazi još i ugljik, za koji znamo da ga ima u svakoj biljci; pošto ga nema u ovoj otopini, to je time i dokazano, da dolazi iz zraka. Svi ostali elementi dolaze u biljku iz tla, a i oni ostali, koji baš nijesu prava hranila, n. pr. aluminij, kremik, hlor i dr. Elementi dolaze u biljku u različnim spojevima; ako jednoga od onih 10 iz otopine izostavimo, ne će biljka normalno uspijevati, pače svaki od njih mora biti u nekoj količini tu, pa se eventualni nedostatak ne da zamijeniti suviškom drugoga elementa (zakon minima). Cijela količina otopljenih soli jest tek nešto 2‰; čim bi načinili veću koncentraciju soli, biljka bi stradala.

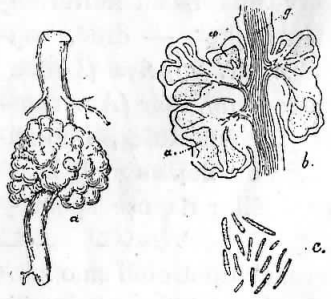
Slika 56. Pokusi sa bobom u vodenim kulturama. Lijevo u normalnoj Knopovoj otopini, desno bez vapna.

Danas smo već prilično upućeni o tome, kakovu zadaću vrši pojedini kemički elemenat u biljci. Sumpora i fosfora treba svakako za izgradnju bjelančevina; željezo je potrebno za stvaranje lisnoga zelenila ili hlorofila, pa biljka bez željeza oboli, kao i čovjek, od žutice ili hloroze: hlorotično lišće izblijedi, a

najposlije i otpane. Kalcija treba biljka poglavito za izgradnju lišća (Slika 56.), a kalija pri stvaranju ugljohidrata (škroba i sladora), dok bez magnezija ne bi bilo hlorofila. Količina pojedinih potrebnih soli zavisna je i o samoj vrsti biljke; nekoje biljke trebaju za svoj razvitak mnogo vapna, pa stoga i uspijevaju najbolje na vapnenu tlu, primjerice duhan i vinova loza. Sladorna repa i krumpir trebaju mnogo kalija; drugima opet vrijedi kremično tlo, pa one upravo „bježe" od vapna, n. pr. vrijesak i osobito pitomi kostanj. Neko pak bilje treba za svoj razvitak vrlo mnogo dušika, pa uspijeva dobro samo na tlu, koje obiluje salitrom i drugim dušičnim solima, tako većina naših kulturnih biljaka, a uz njih i tako zvane „ruderalne biljke" — drač, koji raste osobito uz kućišta na gnojenu tlu n. pr. kopriva *(Urtica dioica)*, gorušica *(Sinapis)*, jurčica *(Chenopodium)*, šćir *(Amaranthus)*, rusomača *(Capsella bursa pastoris)*. Sâm dušik, budući glavnom sastavinom bjelančevinâ, jedna je od najznatnijih hranivih tvari biljke. Zato je vrijedno, da o dušiku napose spomenemo barem ono, što je najznatnije.

U svojem pokusu „vodenom kulturom" upotrebili smo kao dušično hranilo u Knoppovoj rastopini dušik u obliku nitrata ili kalijeve dušične soli *(KNO_3)*, jer se ovo vrelo dušika u obliku soli pokusima ispostavilo za biljku najprikladnije. No u tlu ima dušika ne samo u obliku dušičnih soli (nitratâ i nitrita), nego i u obliku spojeva s amonijakom, pa u obliku raznih organskih spojeva, koji potječu od rastvaranja organizama (bilja i životinja), pače možemo reći, da je količina dušika u tlu u ovom posljednjem obliku najveća. Organske se tvari u tlu rastvaraju nekim bakterijima gnjiloće, a oni pri tome razvijaju i amonijak; no amonijak dolazi u tlo i iz zraka, jer ga čestice tla lako upijaju, stvarajući tako amonijeve soli. Biljka može donekle i ove soli upotrebiti izravno za svoju hranu, ali potrebnije su hranilo dušikove soli ili nitrati. I gle! Priroda se je pobrinula i za to, da amonijak pretvori u nitrate. U tlu se naime nalaze posebni bakteriji, koji izgaraju ili oksidiraju amonijak i pri tom se procesu razvija konačno dušična kiselina, koja s kovinama stvara soli. To izgaranje amonijaka bakterijama u tlu zovemo nitrifikacijom, a njom se količina nitrata u tlu povećaje. Dokaz, da tu nitrifikaciju u tlu provode mikroorganizmi, izveo je Schlösing na ovaj vrlo jedno-

stavni način: Kroz cijev dugu 1 metar, napunjenu sitnim pijeskom i vapnom, filtrovao je smradnu gnojnicu, koja je dovoljno zaudarala po amonijaku. U filtrovanoj tekućini konstatovao je osim amonijaka i nitrate; to je moglo biti samo tako, da je amonijak u cijevi oksidiran u dušičnu kiselinu. Da se ta oksidacija zbila samo mikroorganizmima, dokazao je pokus; u njem je pijesak u cijevi bio kroz neko vrijeme izvrgnut parama hloroforma, koje su ubile sve bakterije; tu dakle nije u filtratu bilo ni traga nitratima, jer u cijevi nije bilo živih bakterija, koji bi izveli tu oksidaciju amonijaka.



Slika 57. Gomoljići na korijenu vučike *(Lupinus) (a)*, prerez kroz isti gomoljić sa staničjem, koje je ispunjeno bakterijama *(b)*, bakteriji iz gomoljića *(c)*. Po Nathansonu.

Uza svu tu nitrifikaciju nestaje tih hranivih nitrata iz tla, i to stoga, što ih voda lako ispire i otapa te odnosi u veće dubine, a odovud konačno s rijekama u more. Ta nestašica nitrata u tlu najveća je nevolja gospodarstva, a oskrba tla nitratima jedan je od najvećih problema modernoga ratarstva. Današnju potrebu nitrata nadomješta najprije goveđi ili stajski gnoj, jer daje tlu izdašnu količinu organskih tvari, koje rastvaranjem do amonijaka i nitrifikacijom povećavaju količinu nitratâ; još je jednostavnije, ako se tlu dodava na pr. čilska salitra (iz države Chile u južnoj Americi), kojega su naslage ogromne. Moderna nauka nastoji, da znatnu količinu dušika (79%), što ga ima u zraku, prevede u dušne soli, koje bi mogle posve nadomjestiti čilsku salitru; čini se, da je posve uspjelo, te danas već velike tvornice rade na produkciji vapnenoga dušika ili kalcijeva cijanamida *(Ca CN_2)*, koji nastaje tako, da se atmosferski dušik prevodi preko užarenoga kalcijeva karbida. Tako dobiveni vapneni dušik dobro je umjetno dušično gnojivo.

Kod seljaka se uvriježio iskustvom stečeni običaj, da na istom tlu od godine na godinu izmjenjuje svoje kulture; tako seljak na istom tlu sadi jedne godine žito, druge pak krumpir, a treće djetelinu ili grah; pri tom zna on po iskustvu i to, da za djetelinu ne treba tlo mnogo gnojiti, jer ona uspijeva dobro

i na lošijem tlu, a ne treba ga gnojiti ni poslije djeteline. Nauka se dugo bavila tumačenjem ove iskustvom stečene i potvrđene činjenice; pokazalo se, da ne samo djetelina ili grah, nego i sve biljke iz porodice lepirnjača *(Leguminosae)* mogu uspijevati na tlu, koje ima vrlo malo ili uopće i nema nikakovih nitrata. S time u vezi bilo je i otkriće, da se na korijenju lepirnjača nalaze osobite nabrekline u obliku gomoljića (Slika 57.); francuski je fiziolog Boussingault pače dokazao, da se ti gomoljići i ne stvaraju, ako se tlo za pokuse ugrije ili sterilizira; takove biljke bez gomoljića nijesu ni obično uspijevale. Činilo se dakle, da postoji neki bliži odnos među tlom ili dušikom u tlu, gomoljićima i lepirnjačama. Te su odnose razotkrili konačno posve Hellriegel i Willfahrt, koji su ovaj zanimljivi problem i riješili, dokazavši, da su tu po srijedi bakterije, koje su već mnogi drugi našli u onim gomoljićima. Te bakterije mogu naime ravno iz zraka primati ili asimilirati atmosferski slobodni dušik; tako oni oskrbljuju dušikom i sebe i zelenu biljku, s kojom u zajednici žive; s toga mogu lepirnjače uspijevati bez dušika u tlu, jer im ga iz zraka pribavljaju bakterije. O samoj ovoj životnoj zajednici bit će napose govora u poglavlju 28. Bakterije su u gomoljićima lepirnjača prema tome „sabirači dušika", jer po njima biva i tlo obilnije dušikom. Kada naime biljka ugine, ostane korijenje s gomoljićima u tlu, te se ovo obogati njihovim dušikom. Pomislimo li, da na zemlji raste preko 7.000 vrsta lepirnjača, to nam može biti jasno, koliko one mogu pridonijeti oskrbi tla dušikom. Nauka je pače pokušala, da što više poveća stvaranje gomoljića na korijenu time, da se i tlo cijepi kulturama tih bakterija, koje su pače već u trgovinu ušle pod imenom nitragin.

Ako na istom polju kroz više godina gojimo bilje, to će se to tlo najposlije posve iscrpsti. U prvom redu nestat će dušika, a onda i kalija, pa fosfora u obliku soli, kojih ima u tlu obično u većoj količini. Takovo iscrpeno tlo treba svakako popraviti, a to se čini na razne načine. U praksi se to od davnine čini i tako, da se neko tlo ostavi kroz više godina neobrađeno, da zaraste dračem i korovom, a tada se nanovo preore i dobro zagnoji. Najbolje prirodno gnojivo pravi je stajski gnoj, jer sadržaje u sebi svih hranivih tvari. Dobar stajski gnoj sadržaje poprečno na 100 kilograma:

0·35 kilograma fosforne kiseline
0·5 „ kalija
0·5 „ dušika
0·7 „ vapna.

Osim stajskog gnoja upotrebljuju se danas vrlo mnogo i umjetna rudna gnojiva, kojih ima više vrsta već prema posebnim potrebama: treba li nadomjestiti dušik, upotrebit ćemo čilsku ili norvešku salitru i vapneni dušik; treba li osobito fosfornih soli, upotrebit ćemo superfosfate ili fosforite i tako zvanu Thomasovu drozgu, koja se dobiva kao sporedni produkat kod lijevanja ocjeli od lijevanoga željeza: kremik, sumpor i fosfor, koji se kao primjese nalaze u prostom lijevanom željezu, spajaju se sa vapnom i kao vapnene soli u obliku drozge plivaju na površini. Kao kalijeva gnojiva služe kalijeve rudače kainit, karnalit i silvinit, koje se danas dobivaju poglavito iz glasovitih rudnika u Stassfurtu. Današnja moderna ratarska nauka izradila je točne propise o upotrebljavanju tih umjetnih gnojiva[1], kojima su se polučili veliki uspjesi, — a sve to je plod onih jednostavnih fizioloških Knoppovih pokusa.

13. Zadaća lista u životu biljke.

Veliki njemački pjesnik Goethe manje je poznat kao prirodoslovac. Od njega potječe teorija o „metamorfozi bilja", prema kojoj je list osnovni organ biljke. Danas znamo, da je Goethe imao donekle pravo, jer su mnogi bilinski dijelovi ili organi (n. pr. vitice, lapovi, latice, prašnici i pestići) samo preobraženi listovi, koji su već prema potrebi preuzeli neku ulogu u životu biljke. A zeleni list, koji oživljava lug i šumu, livade i polja, ostao je osnovni organ, ako i ne baš sasvim u morfološkom pogledu, a ono doista u pogledu fiziološkom: zeleni je list preuzeo jednu od najglavnijih uloga ne samo u životu biljke, nego i u cijelom organskom životu na kori zemaljskoj.

Da upoznamo tu znatnu zadaću lista u životu biljke, treba da se prije svega uputimo u ustrojstvo i građu samoga lista.

[1] Mandekić V.: Umjetna gnojiva 1922. Zagreb.

Građa i ustrojstvo lista.

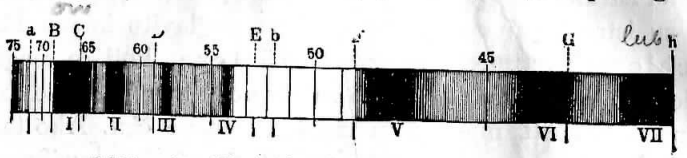
Glavna oznaka lista jest zelena boja. Ona nastaje od zelenoga mastila ili hlorofila, kako smo to već prigodice upoznali. Prerežemo li list, to ćemo u stanicama pod tjenicom vidjeti zelena zrnca, koja smo označili kao hloroplaste. Ta su zrnca malena, tek 5—15 mikrona u promjeru, a sastoje se od plazmatske tvari, koja je omaštena spomenutim zelenim mastilom. Kuhamo li zeleni list u žesti, to će se u njoj sva zelena boja otopiti, a list će ostati bez boje. Takov otopljeni hlorofil pristupačan je kemiku za istraživanje. Ipak je trebalo preko 50 godina mučnoga rada, dok se upoznao kemijski sastav hlorofila, pa još ni danas nijesu nekoja pitanja o tom sastavu potpuno riješena. Točnija kemijska istraživanja hlorofila provela su se tek u najnovije doba; s tim su istraživanjima tijesno spojena poglavito imena Poljaka Marchlewskoga, Nijemca Willstättera, koji je nagrađen Nobelovom nagradom, i Čeha Stoklase. Hlorofil, koji dobijemo otapanjem u žesti, nije još ni izdaleka posve čist. Ako takovoj otopini dodamo benzola, pa tu smjesu čvrsto promućkamo, to će se hlorofil spojiti s benzolom i plivat će na površini, dok će pod tim ostati žuto bojadisana žesta. Ta žuta boja žeste potječe od drugoga mastila, ksantofila ili karotina; ono se dakle nalazi nuz zeleno u svakom listu. Ksantofil je kemijski potpuno poznat, te po svom sastavu pripada skupu ugljiko-vodičnih spojeva. Iz gornje otopine u benzolu uspjelo je izlučiti čisti hlorofil, koji je amorfna tvar od ugljika, vodika, kisika i dušika, i što je osobito značajno, k tome još i od magnezija ($C_{55}H_{72}O_6N_4Mg$). Po istraživanjima prof. Stoklase ima u hlorofilu i fosfora. Duže vremena držali su kemici, da u hlorofilu ima željeza, no danas je utvrđeno, da je željezo doduše potrebno za stvaranje hlorofila, ali ga zato ipak u samom hlorofilu nema. Kemijska istraživanja hlorofila donijela su osobito važan rezultat o srodnosti zelenoga lisnog mastila s crvenim krvnim mastilom, hemoglobinom. Marchlewski, baveći se intenzivno kemijom hlorofila, nije ni u svojoj teškoj bolesti zaboravio na svoje studije, a pošto ga je s obzirom na vlastitu bolest zanimala i kemija hemoglobina, opazio je i nehotice, da se hemoglobin i hlorofil u svojem kemijskom sastavu podudaraju. Kemijsko rodoslovje tih dvaju u organskom svijetu tako važnih mastila prikazuje se ovako:

Hlorofil (lisno zelenilo) Hemoglobin (krvno crvenilo)

Filoporfirin Hematoporfirin

Hemopirol

Oba dakle mastila imaju zajednički korijen u pirolnom skupu. Zanimljiva je pri tome činjenica, da krvno mastilo ima u sebi željeza, a lisno mastilo ima magnezija. No ako oba ova mastila i jesu srodna po svom kemijskom sustavu, zadaća im je u organizmu posve oprečna: crveno krvno mastilo služi za prenošenje kisika kod disanja, a zeleno lisno mastilo služi kod redukcije ugljičnoga dvokisa, t. j. kod asimilacije, o kojoj ćemo poslije napose govoriti.



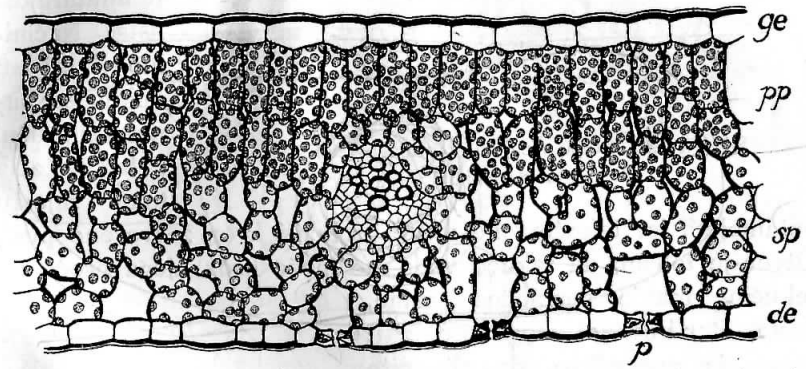
Slika 58. Hlorofil ili lisno zelenilo u spektru.

Za razumijevanje fiziologijske uloge hlorofila fizikalna su svojstva znatnija od kemijskih. Hlorofil je izrazite zelene boje, no ako ga motrimo u otopini, tako da svijetlo udara sa strane, vidjet ćemo, da je crven upravo kao krv; fizici zovu to svojstvo fluorescencijom i kažu, da hlorofil fluorescira crveno, a to znači, da upija crvene zrake svijetla. Da je to tako, dokazuje nam i ono svojstvo hlorofila, da u sunčanom spektru odaje u crvenom dijelu (između *B* i *C* Frauenhofferove linije) crnu, dosta široku crtu. Osim ove najznačajnije apsorpcione crte ima u hlorofilnom spektru ukupno sedam takovih crta, no one su tri u crvenom dijelu spektra najjasnije i za fiziološku sposobnost hlorofila najbitnije. (Slika 58.).

Konačno je znatno napomenuti i to, da hlorofil nastaje samo u svijetlu, pa smo prilikom već spomenuli, da biljke izrasle u tmini (etiolovane) nijesu zelene, nego posve blijede i bez boje; za stvaranja hlorofila svijetlo je od prijeke potrebe; izuzetak čine klice crnogoričnoga drveća, koje i u tami budu zelene.

List od mahova sastoji se od jednoga jedinog sloja stanica, u kojima se nalaze hloroplasti, no paprati imaju list, koji je građen

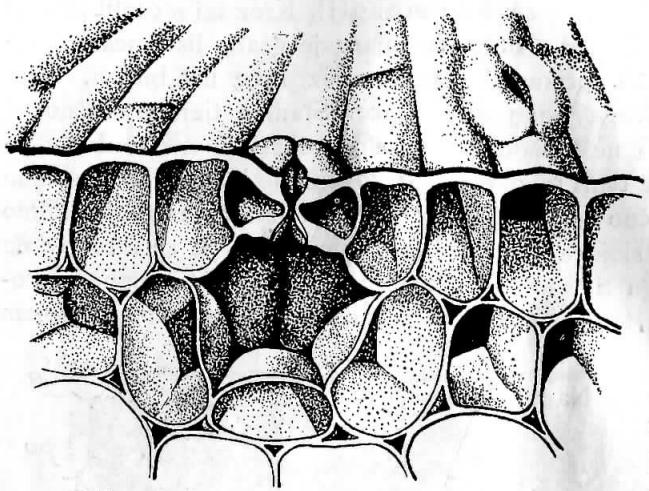
od više slojeva stanica. Izvanji sloj gornji i donji služi kao vanjska kožica, a zove se tjenica ili epiderma. Među gornjom i donjom epidermom nalazi se parenhimsko staničje, koje je ispunjeno hloroplastima, a zove se mesofil. Kroz taj mesofil prolazi gdjegdje po koja žila. Kod sjemenjača je građa lista nešto savršenija. Slika 59. prikazuje nam prerez kroz list bukve. Gore vidimo prije svega jedan sloj tjenice. Stanice tjenice obično su van izbočene i nešto odebljale, a prevučene su vrlo tankom kožicom od neke tvari srodne plutu; zovemo je kutikula. U samim stanicama obično nema hlorofila. Pod gornjom epidermom vidimo jedan ili više slojeva produženih stanica, koje su se u redovima jedna na drugu tijesno prislonile, a upravo su natrpane hlorofilnim zrnjem; to je palisadni parenhim. Pod ovim se slojem



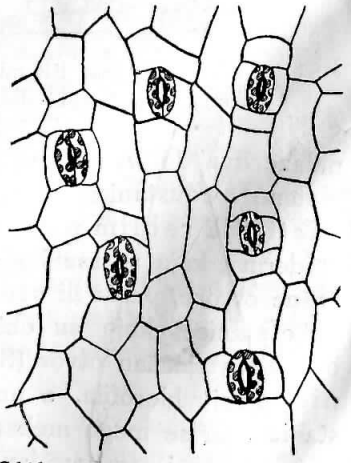
Slika 59. Prerez kroz list od bukve. *ge* epiderma gornja, *de* epiderma donja, *pp* palisadni sloj, *sp* spužvasti sloj, *p* stoma ili puč.

nalaze dva do tri reda stanica, koje čine rahlo staničje, ispresplteno međustaničnim prostorom, te ga zato zovemo i spužvastim ili rahlim parenhimom. Na ovo se nadovezuje donja epiderma, koja se razlikuje od gornje time, da ima osobite sićušne otvore, puči ili stome. Svaka se takova puč sastoji od dvije stanice, koje su obično svinute tako, da među sobom ostavljaju sićušan otvor (Slika 60.). Ove dvije stanice zapornice imaju hlorofila, a time se razlikuju od ostalih epidermnih stanica, pa se mogu mehanički stezati i rastezati; tako se onda puč zatvara i otvara; danju se puči od povećavanja turgora u zapornicama otvaraju, a noću se zatvaraju. O tome se možemo

uvjeriti izravnim promatranjem lista pod mikroskopom, a još jednostavnije pokusom po metodi prof. Molischa ovako: Ako za sunčana dana kapnemo na list jorgovana na donjoj strani kap etera ili benzola ili apsolutno čiste žeste, to će list na tome mjestu potamnjeti jer je ona tekućina mogla kroz otvorene pući lako proći u unutarnjost lista. Načinimo li taj isti pokus za sumraka ili noću, to list ne će na tome mjestu potamnjeti, jer tekućina ne može prolaziti kroz zatvorene pući. Otvor je tolicni, da tekuća voda ne može kroz njega proći, ali tekućine manje specifične težine, žesta, eter i benzol, mogu prolaziti; posve je razumljivo, da plinovite tvari, zrak i vodene pare, mogu posve lako proći. O tome nas poučava pokus profesora Stahla: Ako namočimo bijelu bugačicu u 3%-tnu otopinu kobaltova hlorida, to će takav posve suhi „kobaltov papir" pomodriti; taj je papir na vlagu vrlo osjetljiv i odmah primi blijedu ružičastu boju. Ako takav suhi kobaltov papir stavimo na donju stranu lista, to će naskoro poblijedjeti, a na gornjoj će strani lista zadržati modru boju; to je znak, da je donja



Slika 60. Puč u presjeku i odozgo (šematski po Hegiju).



Slika 61. Površina lista tradeskancije sa pučima.

strana lista vlažna, jer se vodene pare kroz otvorene pući isparuju.

Pući su vrlo malene, a ima ih na svakome listu vrlo veliki broj, obično 40—300 na četvornom milimetru, a u skrajnjim slučajevima i preko 600, n. pr. na listu repe do 716 na jednom četvornom milimetru. Računa se, da jedan list repe, srednje veličine, ima na donjoj strani do 11 milijuna pući. Pući se ne nalaze uvijek na donjoj strani lista, pa ih ima i na gornjoj strani lista; lopoči, kojih listovi na površini vode plivaju, imaju pući samo na gornjoj strani lista.

Po tom se jasno razbira i služba pući na listu. Pući služe isparivanju vodenih para i upijanju zraka; to su dakle organi, koji služe izmjeni plinova.

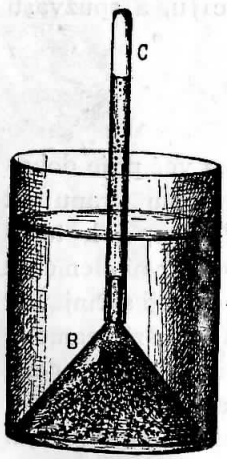
Vidimo dakle po ovom opisu unutarnje građe lista, da list ima više zadaća. Na to nas osobito upućuje ona diferencijacija mesofila na dva skupa staničja, od kojih je prvi označen obiljem hlorofila, a drugi obiljem intercelularnih prostora. U kratko da kažemo: palisadni parenhim služi za asimilaciju, a spužvasti parenhim za transpiraciju.

Asimilacija ugljika.

Što je asimilacija? Vodenim smo kulturama već prije dokazali, da biljka prima iz zemlje svu potrebnu rudnu hranu od kalija, kalcija, magnezija, fosfora, sumpora i željeza, a k tome pridolaze još i dušik i voda. Jedini ugljik kao osnovni elemenat organskih tvari ne dolazi iz zemlje: ugljik dakle, koji sačinjava i preko 50% cijele suhe biljke, može prema tome dolaziti samo iz zraka. Zrak sadrži 78·04% dušika, 20·99% kisika, 0·94% argona i tek 0·03% ugljičnog dvokisa. Ova na oko malena količina nije uvijek konstantna, ali je ipak dostatna, da opskrbi čitavi biljni svijet ugljikom.

Ingenhous, liječnik austrijske carice Marije Terezije, koji je bio i učenjak prvoga reda, prvi je otkrio činjenicu, da biljke mogu popravljati pokvareni zrak, koji je nastao izdihavanjem životinja. Njemu doduše tada još nije bilo jasno, na koji to način biva, no poslije njega su francuski kemici Senebier i Saussure rastumačili i taj pojav. Znali su već, da se zrak sastoji od smjese

kisika, dušika i ugljičnoga dvokisa, te su i pojav čišćenja zraka tumačili tako, da biljka udiše onaj škodljivi ugljični dvokis, što ga životinje izdišu, a pri tome da kisik izlučuju. Od ovoga se ugljičnoga dvokisa, koji biljka udiše, gradi dakle organska tvar. To je danas fiziologijski aksiom, pa ovaj osnovni životni pojav zelene biljke, da prima iz zraka ugljični dvokis i izdaje kisik, zovemo asimilacijom ugljičnoga dvokisa, a skraćeno i samo: asimilacijom. Francuski fiziolozi još su početkom 19. vijeka točno utvrdili, da je obujam udahnutoga ugljičnoga dvokisa prilično jednak obujmu izdahnutoga kisika. Poznati ruski botanik Timirjacev bio je svjedokom tih istraživanja profesora Boussingaulta u Parizu, pa o tom pripovijeda ovu anegdotu, kako mu ju je sâm Boussingault priopćio. „Istraživanja sam provodio" — tako je pripovijedao Boussingault — „zajedno s Dumasom, te smo izmjenice vagali i kontrolirali, da pokusi budu što točniji. Isprva je sve teklo kako i treba, te je biljka stvarala ugljični dvokis. Najedamput je nastala promjena, i biljka je stala ugljični dvokis producirati, umjesto da ga rastvara. Tomu smo se vrlo začudili, te smo samo mučke pogledavali jedan u drugoga. Tako je bivalo kroz nekoliko dana, kad li se u to sastasmo s fizikom Regnaultom, koji je pozorno pratio sve naše pokuse i koji se je, opazivši našu zabrinutost, samo nasmiješio, jer mu je uspjelo ono, što je htio postići. Za doručka bi Regnault svaki dan udahnuo u naš aparat, da se uvjeri o tome, da li doista možemo tako male količine ugljičnoga dvokisa raspoznati i mjeriti."



Slika 62. Pokus asimilacije sa elodejom.

Da dokažemo, da biljka izlučuje kisik, možemo načiniti vrlo jednostavan pokus (Slika 62.): Uzmimo bilo koju vodenu biljku, primjerice spomenutu već helodeju ili vodenu kugu *(Elodea canadensis)*, i stavimo je u posudi pod staklen lijevak. Na lijevak nataknimo kušalicu (epruvetu), do vrha punu vode, tako da viri iz vode. Ako posudu izložimo na sunce, vidjet ćemo, gdje će se iz stabljike helodeje na prerezu izlučivati mali mjehurići plina, koji će se već za nekoliko ura skupiti

do obujma od nekoliko kubičnih centimetara. Ako kušalicu odozdo prstom zatvorimo i okrenemo, to ćemo se s užarenom žigicom uvjeriti, da se onaj sakupljeni plin sastoji najvećim dijelom od kisika, jer će žigica naglo zaplamsati. Ovaj nam jednostavni pokus pokazuje ujedno i to, da je izlučivanje kisika zavisno o svijetlu; ako posudu s helodejom stavimo u polutamu, to će izlučivanje kisika s onim mahom prestati. Prvi dakle i najznatniji uvjet asimilacije jest svijetlo, a drugi je uvjet ono zeleno mastilo hlorofil. Bez hlorofila ne može biljka asimilirati kao ni bez svijetla.

Primanje ugljičnoga dvokisa i izdavanje kisika prva je faza procesa asimilacije. Pitamo sada, što će da bude od toga ugljika? O tome nas može poučiti mikroskop. Ako promatramo pod mikroskopom list, koji je za sunčana dana „asimilirao", naći ćemo, da u svakom hlorofilnom zrncu ima po jedna ili više zrnatih uklopina u obliku svijetlijih tjelešaca. Jednostavna reakcija s jodom kaže nam, da su ta tjelešca u hloroplastima škrob. Ako istu biljku, od koje smo list uzeli za to istaživanje, držimo neko vrijeme u tami, pa onda opet pretražimo, to ne ćemo u hloroplastima škrobu naći ni traga. To isto možemo još zornije prikazati onako, kako je učinio fiziolog Sachs. Izrežimo za to u ljepenku slova „ŠKROB" te ih stavimo na površinu lista, koji je izložen suncu: pri tom treba paziti na to, da prije pokusa nije list ništa asimilirao. Pošto se na listu nalazi ljepenka, to će list moći asimilirati samo na onim mjestima, kamo dopire svijetlo, te će se dakle samo na tim mjestima stvoriti škrob. Ako dakle nakon asimilacije istoga dana u večer list iskuhamo te žestom izlučimo hlorofil, a onda stavimo u koncentrovanu otopinu joda u žesti (jodnu tinkturu), to će se pred nama na listu ukazati tamna slova „ŠKROB", a to

Slika 63. Snimka na listu, učinjena Sachsovom jodnom probom po prof. Molischu.

je znak, da škroba ima samo na onim mjestima, dokle je svijetlo moglo prodrijeti. Prof. Molisch je mjesto ljepenke sa slovima metnuo negativ fotografije, te je nakon asimilacije s jodom na listu dobio pozitiv, kako nam to pokazuje slika 63. Na taj smo evo način dokazali, da od ugljičnoga dvokisa s pomoću svijetla u hlorofilnom zrnju nastaje organska tvar. Svako je i najmanje hlorofilno zrno prema tomu tvornica, koja od anorganske tvari pravi organsku, i to takovu, kakovu danas još ne može da načini nijedan kemik. Kemici su doduše već na dobrom putu, te je nekima već uspjelo, da djelovanjem ultravioletnih zraka uz neke uvjete načine od ugljičnoga dvokisa i vode neku vrstu sladora. To nas i uči, da škrob nije prvi, nego upravo posljednji produkat asimilacije. Nekoje biljke, n. pr. mnoge naše monokotilne proljetnice (luk, visibaba, zumbul i dr.), uopće ne stvaraju škroba, nego samo slador. Cijelu bi dakle asimilaciju napisao kemik najjednostavnije

ovako: 1. $6\ CO_2 + 6\ H_2O = C_6H_{12}O_6 + 6\ O_2$
ugljični dvokis — voda — slador — kisik

ili 2. $6\ CO_2 + 5\ H_2O = C_6H_{10}O_5 + 6\ O_2$
ugljični dvokis — voda — škrob — kisik

Ovaj prikaz služi nam samo za orijentaciju o samome procesu asimilacije, pa danas znamo, da je taj proces u bitnosti vrlo zapleten. Po jednoj hipotezi kemičara Bayera, koja je danas najvjerojatnija, nastaje kao prvi produkat asimilacije formaldehid prema formuli

$CO_2 + H_2O = CH_2O + O_2$
ugljični dvokis — voda — formaldehid — kisik

Istom od ovoga formaldehida nastaje djelovanjem sunca slador. Da je to moguće, pokazala su i najnovija istraživanja kemika (Franke, Stoklasa i Zdobnicki i drugi), prema kojima od čistoga formaldehida može djelovanjem ultravioletnih zraka nastati neka vrsta sladora.

Premda ima ugljičnoga dvokisa u zraku razmjerno malo, to je ipak količina ugljika, koji biljka asimilira, prilično velika. Francuz Becquerel računa, da

1 hektar	šume	svake godine asimilira	1.800 klg. ugljika
1 „	dobre livade		3.500 „ „
1 „	polja čičoke *(Helianthus tuberosus)*		6.000 „ „

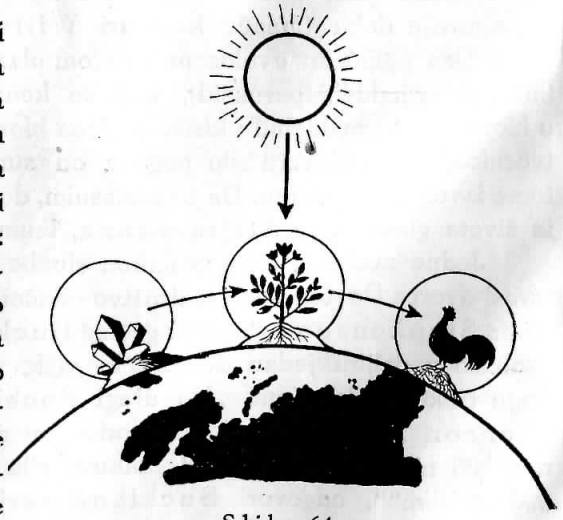
U praksi nastaje ipak pitanje, da li je ova količina ugljika, koja se nalazi u atmosferi, doista dostatna za normalnu vegetaciju. Nebi li možda povećanjem količine ugljičnog dvokisa u atmosferi mogli uvećati i rastenje bilina i dobiti tako veći prirast odnosno prihod. U novije su doba pravljeni u tome smjeru mnogi pokusi, (Demomoussy, H. Fischer, Kiselev i dr.), koji su doveli u laboratoriju, a i u vrtlarskoj kulturi do nekih povoljnih rezultata. Praktični provađana takova „gnojidba ugljikom" sastojati će se poglavito u povećanju svih procesa rastvaranja humusa u tlu, koji dovode do povećanja količine ugljičnog dvokisa u atmosferi. Ali i dodavanjem ugljičnog dvokisa u atmosferi u zatvorenom prostoru kao n. pr. u staklenicima postignuti su već neki rezultati. Ovaj se „problem gnojidbe ugljikom" u najnovije doba mnogo ispituje i jasno je, da je riješenje ovoga problema za gospodarsku produkciju od velike važnosti, kao što je negda bio problem gnojidbe mineralnim tvarima.

Još nam valja ovdje jedno pitanje pobliže osvijetliti. Koju ulogu kod asimilacije ima naime svijetlo, a koju hlorofil? Na to nam daju odgovor svojstva hlorofila. Hlorofil upija sunčane zrake, a ove zrake služe kao energija kod izgradnje organskih tvari. U najnovije doba tumače kemičari Willstätter i Stoll, da hlorofil sa ugljičnim dvokisom i vodom ulazi u neki kemijski spoj (hlorofil-formaldehidperoksid), koji se konačno raspada natrag u hlorofil, u formaldehid i kisik. Malena hlorofilna zrnca prave su tvornice, koje dobivaju silu pogona od sunca. Sunce je prema tome izvor svega života. Da to razjasnim, donosim ovdje anegdotu iz života glasovitoga Stephensona, izumitelja parnoga stroja:

Jedne nedjelje, upravo nakon službe Božje, sakupilo se na terasi dvorca Daytona veliko društvo odličnika i učenjaka, a među njima Stephenson i glasoviti geolog Buckland. U to je upravo prolazio u daljini jedan željeznički vlak, ostavljajući za sobom dugu traku bijela dima. „No dragi Bucklande", upravi Stephenson riječ geologu, „odgovorite mi na jedno pitanje, koje možda i nije lako! Recite mi: kakova sila kreće onim vlakom?" „„Ja mislim"", odgovori Buckland nevješto, „„da je to sila Vaših strojeva"". „Da, ali tko tjera stroj?" „„Valjda jedan od Vaših strojovođa iz New-Castla."" „Ne", reče odlučno Stephenson, „ta je sila sunčano svijetlo". „„Kako je to moguće"", upita začuđeno

geolog. „Kad Vam kažem, da je baš tako", odgovori glasoviti inženjer, „to je svijetlo, koje tisuće i tisuće godina leži ukopano u zemlji i koje i sada biljke neprestano upijaju i upotrebljuju za zgušćivanje ugljika za svoga života. To je isto svijetlo tisuće godina ležalo ukopano u uglenjicima u zemlji, a sada je opet, izneseno na vidjelo, postalo slobodno i služi evo čovjeku tjerajući lokomotivu".

Svijetlo je gibljiva sila; ona se u zelenoj biljci pretvara u napetu silu (potencijalnu energiju), koja je sadržana u svakom molekulu organske ugljične tvari. Velike ugljene naslage u našoj zemlji potječu od bilja, koje se pretvorilo u ugljen. Izgaranjem ugljena postaje ta sila slobodna, pretvara se u toplinu i prenosi strojem u mehaničku radnju. Svaka radnja ima dakle svoj početak u sunčanim zrakama. Stoga i kaže znameniti prirodoslovac Robert Mayer: „Priroda ima zadaću, da svijetlo, kao najbržu od svih sila, uhvati u lijetu i prevede u napeti oblik i tako ga spremi. Da to postigne, prevukla se kora zemaljska organizmima, koji svojim životom upijaju sunčano svijetlo. Ti organizmi jesu zelene biljke. Biljni je svijet prema tome skupljalište u kojem se sunčane zrake fiksiraju, da se odavle mogu prema potrebi zgodno upotrebiti".



Slika 64.

Time je ujedno i jasno određena glavna zadaća zelenoga bilja na zemlji, a određen je i položaj biljnoga svijeta na zemlji. Tri su carstva na zemlji: rudno, biljno i životinjsko. Biljno carstvo zauzima među njima središnji položaj, kako nam to slikovito prikazuje Slika 64. Biljke rastvaraju rude i korijenjem primaju rudne tvari u svoje tijelo s jedne strane, a pomoću sunčane energije pretvaraju iz zraka primljeni ugljik s druge strane u komplikovane organske spojeve.

Životinjski svijet prima te organske spojeve bilo direktno ili indirektno od bilja. Životinje živu samo na račun i od rada bilja. Evo jasno je, da biljni svijet zauzima na zemlji potpunim pravom onaj središnji položaj kao posrednik sunca na zemlji.[1]

Biljke su, kako smo već prije istakli tvornice organskog materijala, bez kojega bi život na zemlji bio nemoguć. Upoznavši istinu nastoji čovjek oko toga, da ta tvornica producira što više hrane za njega, pa je među ostalim nastalo i pitanje, ne bili čovjek mogao tu tvornicu održati i preko noći u pogonu, pa makar i umjetnim svjetlom, da tako umjesto 8—10 satnim, rade 24 satnim neprestanim radom dođe do većeg priroda. I ovo je pitanje u nauci ispitivano, pa je zato naročito zaslužan francuski akademik i profesor botanike na Sorbonni Gaston Bonnier. Njegovi su pokusi izvađani sa velikim električnim lučnim svjetiljkama, pa se je pokazalo, da i kod toga svijetla mogu biljke da asimiliraju. Biljke stvaraju napadno mnogo više hlorofila, postaju dakle mnogo zelenije, a tim je naravno i moguća jača asimilacija. Ako bi uspjelo pomoću elektricitete dobiti još jače, a i jeftinije svijetlo, vjerojatno je, da bi i ovim načinom trajnog osvijetlenja mogli povećati produkciju stanovitog gospodarskog bilja. Za danas je to još samo laboratorijski problem.

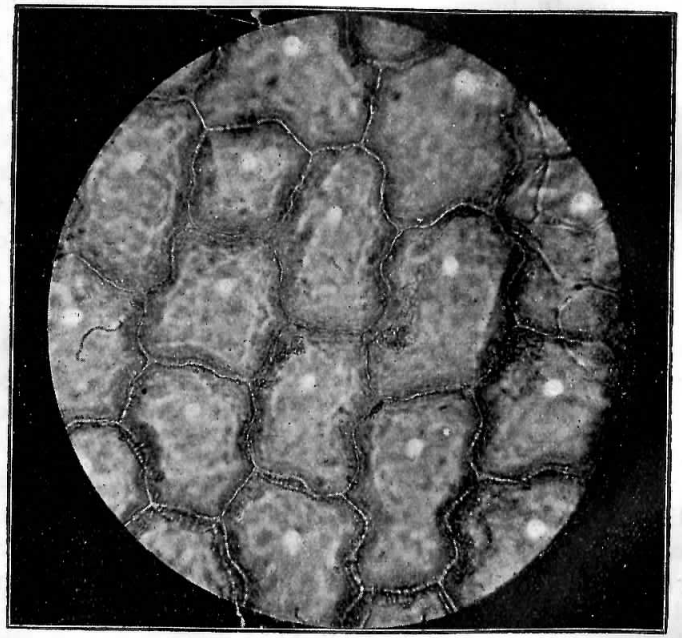
Evo što sve ne čini čovjek, da prinudi biljku na što veći rad, a sve u svoju korist. No i biljka čini sve što može, da uhvati što više svijetla. Ona čak svojim organima, lišćem, izvađa i razna gibanja, samo da ulovi što više svijetla. Upotrebimo stoga ovu priliku ovdje, da se upoznamo sa raznim gibanjem lišća.

Gibanje lišća.

Tko je ikada pomnjivije motrio krošnju bukve u šumi, nehotice je opazio, da je lišće u krošnji poređano osobito pravilno; svi listovi stoje upravo okomito na udaranje sunčanih zraka. To se isto vidi na bršljanu, koji raste na tlu pod bukvom: list do lista leži razito i prekriva tlo poput mozaika. Isti pojav opažamo i na cvijeću, koje gojimo blizu prozora, na pr. na begoniji: lišće se je okrenulo plohom prema prozoru upravo okomito na udaranje zraka svijetla. Ako biljku okrenemo za 180°, tako da je lišće

[1] Vouk V.: Položaj biljke na zemlji. Priroda, 1922. Br. 1.

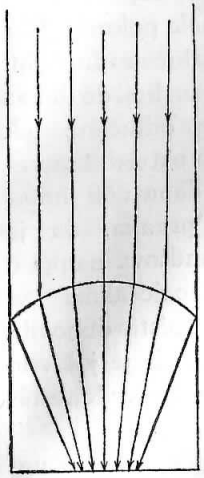
plohom okrenuto prema sobi, to ćemo već za 24 ure opaziti, da se peteljka okrenula prema svijetlu, a plojka je opet došla u svoj prvi položaj. Peteljka je pozitivno fototropna, a za plojku kažemo da je fototropna transversalno. Zašto se tako giblje, lako nam je odgovoriti: list se giblje, da dođe u položaj najpovoljniji za asimilaciju. Ovo gibanje lišća pripada onomu skupu podražajnih gibanja, o kojima smo već govorili. Kako pak svijetlo djeluje kao podražaj na list, nije nam ništa poznato, ako i imamo hipotezu, koja kuša tumačiti ovo gibanje i primanje



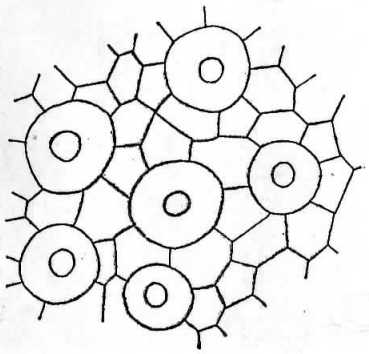
Slika 65. Površina lista sa žarištima na epidermi. (Guttenberg).

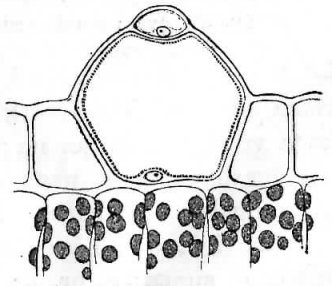
podražaja kao osobitu pojavu, koja nastaje od organizacije „osjećalnih organa". Berlinski je anatom Haberlandt postavio hipotezu, da lišće ima „osjećalne organe" za primanje podražaja svijetla, te je dakle u tom pogledu građeno savršenije od samih klica: u popularnim se knjigama pače baje o „biljnom oku" kao o savršenu osjećalnom organu, uspoređuje se okašcima kod kukaca, pa se i dopušta pomisao, da bi biljka ovim očima mogla raspoznavati i predmete. Evo, koliko ima na tome prave istine:

Haberlandt je otkrio pojav, da epidermne stanice, koje su obično izbočene poput papila ili bradavaka, mogu funkcionirati kao zbirne leće. O tome se uvjerio i pokusom. Stavivši naime epidermu naopako na stakalce pod mikroskopom, opazio je, da se paralelne zrake, koje dolaze od zrcala, lome u epidermi tako, da čine u sredini svake epiderme svijetlu točku, koja se s pomicanjem zrcala pomiče. (Slika 65.). Ako se pred zrcalom nalazi kakov predmet, to se u svakoj stanici epiderme vidi i slika toga predmeta. Potom pokusu zaključuje Haberlandt, da epidermne stanice služe za osjećalne organe. Dok se ona svijetla točka u stanici nalazi u sredini, stoji list upravo okomito na udar zrâkâ, kako to shematski prikazuje Slika 66., a čim se list pomakne, pomakne se i svijetla točka prema kraju stanice. To pomicanje svijetle točke „osjeća" plazma u stanici prema Haberlandtovu tumačenju kao razliku osvjetljenja, koja djeluje kao podražaj; na taj podražaj reagira biljka tako, da nastoji doći gibanjem u položaj, da svijetla točka pane opet u sredinu stanice. Osobiti slučaj takovih stanica poput zbirne leće ima neka tropska biljka fitonija *(Fittonia Verschaffelti)*, kako nam ih prikazuje Slika 67. Ovo bi po Haberlandtu bio do danas poznati najsavršeniji tip osjećalnih organa za percepciju podražaja svijetla. Budući da je cijela epiderma prekrita takovim stanicama, koje Haberlandt naziva ocele (okašca) (Slika 67.), to



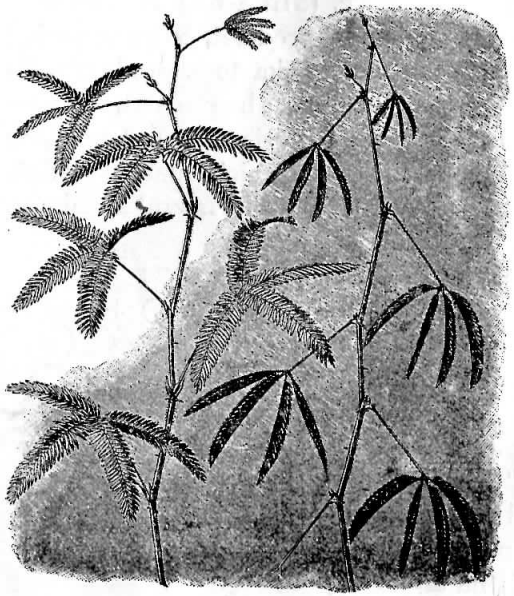
Sl. 66. Shematski prikaz o udaru zraka na izbočenu epidermnu stanicu.





Sl. 67. Epiderma sa lista fitonije *(Fittonia Verschaffelti)* sa stanicama u obliku okašaca. Gore motrena odozgo, a dolje u presjeku.

je lako dovelo do analogije prama sastavljenim ocelama u kukaca. Nije dakle čudo, da je ta hipoteza o „biljnim očima" pobudila u naučnom svijetu veliku pažnju. No na žalost se ispostavilo, da svaki transversalno-fototropni list nema takove epiderme, koja bi mogla funkcionirati kao zbirna leća; u drugu su pak ruku neki pokusi pokazali, da se list giblje i onda, ako na zgodan način izlučimo funkciju zbirne leće; — u kratko, razvio se boj za ovu hipotezu, koji do danas još nije odlučen; tek možemo ustvrditi sa većinom današnjih botaničkih prvaka, da je Haberlandtova nauka o biljnim osjećalima za svijetlo doista duhovita hipoteza, ali je još vrlo daleko od utvrđene teorije.[1]



Slika 68. *Mimosa pudica.* Desno podražena i noću, a lijevo nepodražena danju.

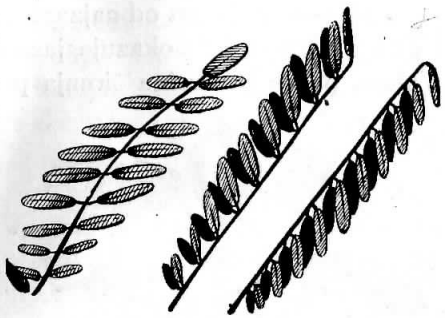
Ovo gibanje lišća nemaju sve biljke; tako mnoge naše proljetnice iz porodice lijerova *(Liliaceae)* ne pokazuje nikakova gibanja prema svijetlu, a jednako se vlada na primjer i imela *(Viscum album).* Takovo lišće zovemo afotometrijskim za razliku od fotometrijskoga, koje se giblje uvijek okomito prema svijetlu. Afotometrijsko se lišće razlikuje od fotometrijskoga već i građom, jer ne pokazuje one obične diobe u palisadno i spužvasto staničje, nego ima posve jednoliko mesofilno staničje, koje jednako služi asimilaciji i transpiraciji.

Ima i takova lišća, koje se gibanjem brani od prejakoga svijetla ili sunca; n. pr. list jorgovanov na suncu previne rubove, tako da djelomice vlastitu svoju plojku zasjeni; bagrema ili

[1] Vouk V.: Der gegenwärtige Stand der Frage über die Lichtsinnesorgane der Laubblätter. Zeitschrift für allgem. Physiologie 1912. Bd. 14.

divlja akacija izvodi lišćem takova gibanja, kojima može upravo umaći djelovanju jakoga sunčanog svijetla. Kod difuznoga danjeg svijetla postavljaju se napramni listići perasto sastavljena bagremova lista upravo okomito na udar zrâkâ svijetla, a za jaka se popodnevnoga sunca uzdignu okomito, tako da sunčane zrake prolaze paralelno pokraj listića: noću, za tmine, spuste se listići okomito dolje (Slika 69.).

Gibanje lišća ne služi uvijek uređivanju asimilacije. Sjetimo se „stidljive mimoze", o kojoj smo već prije govorili: i najmanji dodir rukom ili dah sitna povjetarca ili kapljica kiše dostaje, da se listići stanu upravo na očigled sklapati, i to jedan par za drugim, dok se svi ne sklope, a konačno klone i peteljka; u takovu spuštenom položaju ostaju listovi kroz desetak minuta, a onda se opet usprave u normalni položaj (Slika 68.). Takovo gibanje, koje nastaje od trešnje biljke, zovemo sizmonastičkim gibanjem, a bilje, koje pokazuje takova gibanja, zovemo „sensitivnim biljem". Prve bilješke o mimozi i sličnim sensitivama nalazimo u literaturi nakon otkrića Amerike. Stari su pisci zvali mimozu „herba viva", a istom kasnije je dobila od portugiške riječi „mimoso" (nježan, fin) svoje današnje ime. Broj je dahas poznatih sensitiva prilično velik. Najviše ih ima među mahunarkama *(Leguminosae)*, a to su rodovi: *Mimosa, Desmanth-, Aeschynomene, Smithia, Nauclea, Neptunia, Acacia,* [illegible] svemu neko 20 vrsta. Osim toga su od ceceljača [illegible] znati kao sensitivni rodovi *Averrhoa i Biophytum.* [illegible] ije ovo gibanje redovno i bez trešnje, kad nastane noć, a [illegible] jutro se kod svijetla opet raširi: to ritamsko gibanje [illegible] izmjene dana i noći „zovemo biljnim snom". Slično „spava" preko noći i ceceljača *(Oxalis)* i djetelina *(Trifolium)* kao i velik broj mnogih lepirnjača *(Papilionaceae)* i mnoge druge biljke. (Slika 70.). Tim se gibanjem biljka brani od prevelikoga isparivanja

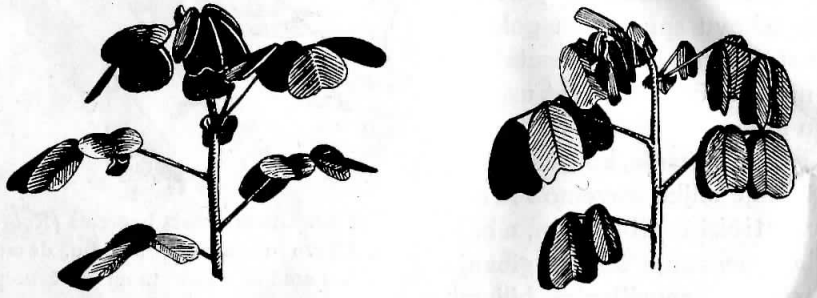


Slika 69. Gibanje lista bagrema *(Robinia).* Lijevo u difuznom svijetlu, desno u noći, u sredini u direktnom sunčanom svijetlu.

i od ovlaženja rosom.[1] Manje je razumljiva svrha sizmonastičkog gibanja mimoze. Isprva su neki držali, da služi za obranu biljke od životinja; životinje se naime, koje se hrane lišćem mimozinim, tobože odmah prestraše, čim se listići naglo sklope. Vjerojatnije je pak ono tumačenje, da se tim gibanjem biljka brani od kiše; poznato je naime, da mimoza ne podnosi ovlaženja, i s toga se na prvi dodir kiše listići zaklope, pa kiša ne može više udarati u plojku.

Posve osobito gibanje lišća pokazuje mimozi srodna biljka *Hedysarum gyrans*. Listići te „osjetljivice" neprestano se polako gibaju opisujući uz to vrškom svojim neku krivulju.

Mimoza je jedan od najzanimljivijih objekata za proučavanje biljnoga gibanja, jer pokazuje jasno, kako se podražaj širi biljnim tijelom, pa se ta brzina širenja podražaja dade i mjeriti. To je



Sl. 70. List od amicije *(Amicia Zygomeris)*: Lijevo danju, desno noću. (Po Kerneru).

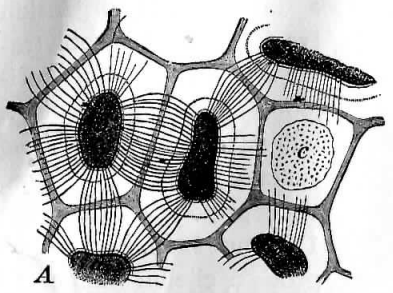
potaklo neke istraživače, da traže i u biljnim stanicama one ustroje, koji bi bili analogni živčevlju životinja. Prof. Němec pokušao je dokazati takove „živčane" strukture u biljnim stanicama (podražajne fibrile), ali nauka nije mogla potvrditi to otkriće; vjerojatnije se je učinilo, da tu zadaću provođenja podražaja u biljnim stanicama vrše plazmatičke niti, koje spajaju pojedine stanice. To su tako zvane plazmodezmije, koje je otkrio Tangl u sjemenkama strihnosa *(Strychnos nux vomica)*, koje sadržavaju u sebi jaki otrov strihnin. Ove plazmodezmije spajaju pojedine stanice poput mreže najtanjih niti, a nalazimo ih kod bilja najrazličnijih redova biljnoga carstva. Za raspoznavanje

[1] Ova su gibanja znatno ovisna i o temperaturi, kako su to pokazala istraživanja prof. Košanina (Košanin N.: Über den Einfluss von Temperatur und Aetherdampf auf die Lage der Laubblätter. Inaugur. Dissert. Leipzig 1915.).

tih plazmodezmija potrebne su osobite metode bojadisanja, bez kojega ih ne možemo u živoj stanici raspoznati. Da te plazmatske niti služe provođenju raznih podražaja, tek je hipotetičko nagađanje, koje je nemoguće pokusom utvrditi, a može biti, da se istraživanja u tom pogledu nalaze i na posve krivu putu.

Transpiracija.

Gornja polovica tipski građenoga fotometrijskog lista služi asimilaciji; donja je polovica lista građena za drugu svrhu. Na to nas upućuje spužvasta građa parenhima, na koju se nastavlja donja tjenica s pučima. Sa kobaltovim smo se papirom uvjerili, da donja strana lista izlučuje vodenu paru; to se isparivanje vode zove transpiracija. S njom je u vezi i ona značajna spužvasta građa donjega parenhima, pa onaj sistem međustaničnih prostora služi samo lakšemu provođenju vodenih para. Svaka biljka transpirira, jedna više, a druga manje, već prema tome, kako je građena i koliko vode ima u sebi. To vrlo lako nalazimo vaganjem: ako postavimo grančicu ili list s peteljkom u kušalicu (epruvetu) s vodom, a vodu prekrijemo slojem ulja, da se isparivanje vode iz kušalice zapriječi, to ćemo vaganjem te kušalice zajedno s biljkom vidjeti, da biljka gubi od svoje težine; taj gubitak znači vodu, koju je biljka kroz list isparila. Kolika je množina vode, koju biljka na taj način ispari, razjasnit će nam ovi primjeri:



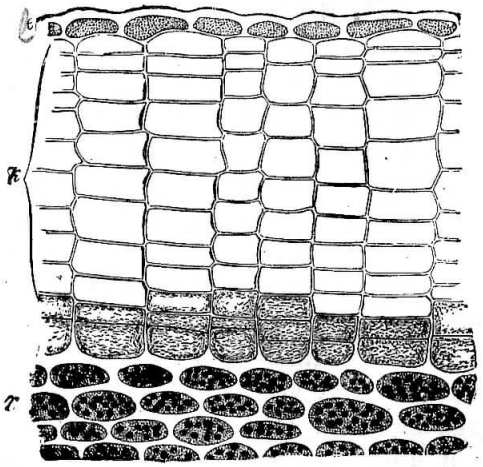
Slika 71. Plazmodezmije u sjemenu strihnovca *(Strychnos)*.

Preko ljeta ispari jedna kukuruzna biljka 14 litara, konopljina biljka 27 lit., a sunčanica 66 lit. Höhnel je izračunao, da jedna velika breza od prilike sa 200.000 listova ispari preko ljeta oko 7.000 lit. vode, dakle u jednom danu 38 litara. Jedna 110-godišnja bukva po ovom računu ispari preko ljeta oko 9.000 litara vode, a mala šumica sa 400 drveta ispari ništa manje nego 3,600.000 litara vode. Kolike li su istom količine vode, što ih ispari zeleni bilinski sag na površini zemlje!

Zašto biljka neprestano izlučuje toliku množinu vode, o tome će nas uputiti razmatranje kolanja vode u biljnom tijelu. Tada ćemo upoznati, da je transpiracija jedna od glavnih sila, koje dižu vodu u one visine, koje dostižu naše jele i smreke, zatim američki mamutovci *(Sequoia gigantea)* ili australski eukalipti *(Eucalyptus)*.

14. O kolanju sokova biljnim tijelom.

Hranive tvari ili sokovi, koji dolaze u biljku u jednu ruku korijenjem, a u drugu lišćem, prolaze cijelim biljnim tijelom; voda s rudnim tvarima treba doći do najkrajnjega vrška i listića, a tako isto i organskih tvari, sladora i škroba treba svaka stanica u korijenu. Tako kolaju sokovi biljnim tijelom po osobitom sustavu cijevi, koje smo već prigodice (poglavlje 11.) upoznali. Te cijevi prolaze cijelim biljnim tijelom od najsitnijega korjenića sve do krajnje žilice u listu, a obično se udružuju u osobite sveske ili snopiće, koi čine žile. (Slika 74 su žile građene nu, imali s



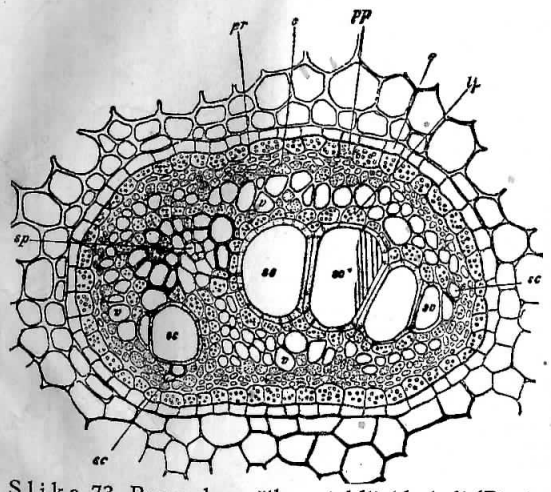
Slika 72. Kora sa mladog stabla pajasena *(Ailanthus glandulosa)*: *e* epiderma, *K* periderma, *r* zeleni dio kore.

znati, da nam slika toga sustava žilja buć ćemo građu stabljike.

Građa stabla.

U stabljike razlikujemo tri dijela: koru, žile i s. to potpuno odgovara običnomu razlikovanju staničja u ko žiljno i temeljno staničje. Svaka zeljasta stabljika vani je prekrivena pravom tjenicom, kakovu nalazimo kod lišća i koja često ima razvijene puči. Trajna drvenasta stabljika nema više te nježne tjenice, nego namjesto nje štiti stabljiku vani čvršće

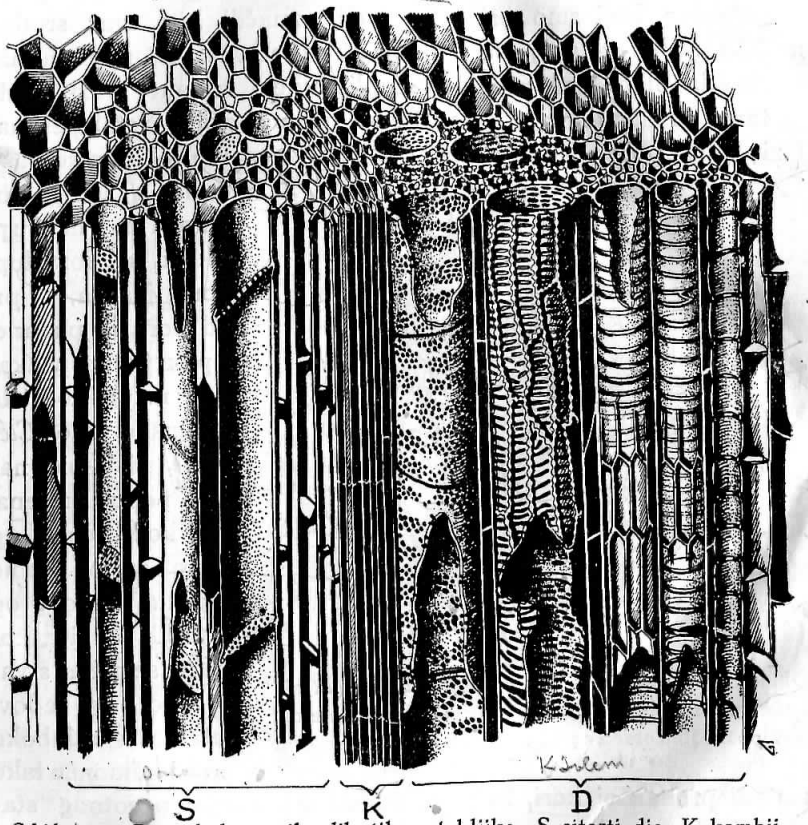
staničje, pače od više redova stanicâ. To je pluto ili periderma, ona siva ili smeđa kožica, kakovu nalazimo na svakoj drvenastoj stabljici (Slika 72.). Pluto je građeno od više redova pločastih stanica, koja su se tijesno prislonile jedna uz drugu te ne puštaju nikakva međustanična prostora. Ove su stanice obično prazne i nemaju ni plazme ni jezgre, a stijenke su im građene od pluta ili suberina, koji smo prigodice već označili kao tvar srodnu mastima. Već ta svojstva membranâ i građa stanicâ upućuju nas na to, da pluto ima zaustavljati plinovite i vodene tvari. Pluto je tanje ili deblje već prema tome, na kakovoj se stabljici nalazi; na debelu stablu pluto je obično ispucano, tako da se ljušti i kida, a tada ga zovemo lila ili lup. Takova se kora lupi poput ljusaka, n. pr. kod bora ili platane, ili pak poput vlakanaca, n. pr. kod trte ili šumske loze *(Clematis)*, ili okolo naokolo poput prstena, n. pr. kod breze. Lup se ne sastoji samo od pluta, nego i od obamrlih stanica kore. Lup se naime stvara tako, da redovi pluta nastaju duboko pod površinom u tako zvanoj primarnoj kori, koja se odijeli od svoga prvotnog staničja i obamre. Prema tome je najveći dio kore potpuno obamrlo staničje.



Slika 73. Prerez kroz žilu u stabljici bujadi *(Pteris aquilina)*: *sc* cijevi ili traheje u prerezu. *v* sitaste cijevi, *pp* škrobni omot, *e* zaštitni omot. Po Strasburgeru.

Kora obavija srčiku, koja je redovito građena od parenhimskih stanica, a u njoj su smješteno žile. Prema smještaju žila bitno se razlikuju paprati od jednosupnica i dvosupnica. Kod nekih je paprati i poredaj dijelova u svakoj žili osobit. Drvenasti dio (ksilem) redovno je u sredini, a oko njega naokolo se smjestio sitasti dio (floem); cijela takova koncentrički građena žila

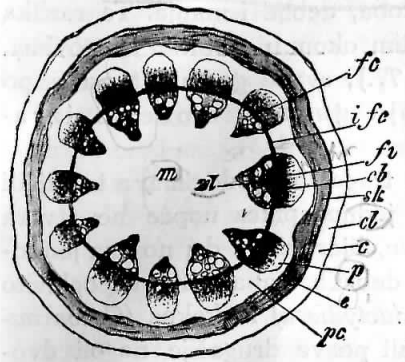
(Slika 73.) opkoljena je osobitim, nešto čvršćim omotnim stanicama, slično kao kod korijena. U stabljici nekih paprati nalazi se obično više takovih, u okrugu smještenih žila, koje sve zajedno čine mrežu u obliku valjka. Smještaj žila kod jednosupnica razložili smo već prigodice, pa ovdje možemo tome dodati još i to, da žile prolaze stabljikom koso od ruba prema središtu



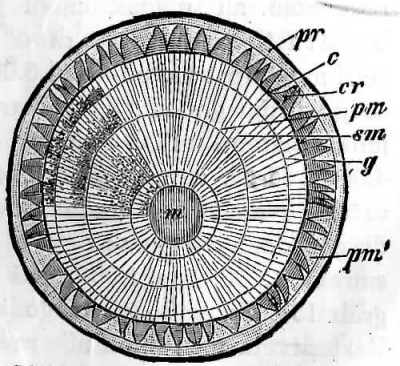
Slika 74. Presjek kroz žilu dikotilne stabljike. S sitasti dio, K kambij, D drveni dio. (Slobodno po Hegiju).

srčike, te opet ponešto prema rubu; kod dvosupnica su žile poređane u jednom okrugu posve pravilno jedna do druge u nekom razmaku. Drvenasti dio u žilama položen je prema srčici, a sitasti prema kori (kolateralna žila). Te se žile razlikuju od žila kod jednosupnica time, što među drvenastim i sitastim dijelom imaju tvorno ili meristemsko staničje, koje se zove

kambij (Slika 74.). Taj je kambij sastavljen od vrlo tankih i produženih meristemskih stanica, koje se neprestano dijele te stvaraju nove elemente, od kojih se žila povećaje. Takova žila s kambijem može dakle i dalje rasti. U vrlo mlade jednogodišnje stabljike nalaze se žile obično razdaleko jedna od druge (Slika 75.). U razvoju se kambij pojedinih žila spoji u potpuni krug, te se sada među prvim žilama počnu stvarati nove, koje onda budu sve gušće i gušće, dok se konačno svi sitasti dijelovi ne spoje među sobom u potpun okrug, a tako isto i drvenasti dijelovi u potpuno drvo. U trećoj godini razvoja dobijemo već običnu sliku potpuno razvijena drvena stabla, u kojega vidimo koru i drvo (Slika 76.). Koru čini pluto ili lup, jedan dio osnovnoga parenhima i sitasti dio žilja sve do kambija. Stoga se kora obično i dade vrlo lako odlupiti, jer se među korom i drvom nalazi nježno staničje kambija. Prema tome je drvo cijelo staničje unutar kambijskog okruga zajedno sa srčikom. Kora u našega drveća obično je tanka u razmjeru prema drvetu, koje može narasti i do silne debljine. Tako može narasti u obujmu do debljine: grab 1 metar, smreka 2, jela 3, čempres 3, tisa 5, lipa 9, platana 15, kostanj 20, a američki mamutovac *(Sequoia gigantea)* i preko 30 metara.



Slika 75. Presjek kroz mladu stabljiku vučjenjače *(Aristolochia Sipho)*: *m* srčika, *vl* drvenasti dio žile, *cb* sitasti dio žile, *fc* i *ifc* kambij, *sk* sklerenhimski kolut, koji služi čvrstoći stabljike.



Slika 76. Presjek kroz lipovu grančicu od 4 godine (shematički): *m* srčika, *c* kambij, *pm* granica goda, *cr* sitasti dio u kori. Po Strasburgeru.

Rastenje u debljinu biva u kambijskom uskom pojasu, koje proljećem stane producirati nove stanice sve do jeseni; zimi

ponajviše miruje. U proljeće je rastenje bujnije, te se stvaraju velike i prostrane drvene stanice i cijevi, dok su stanice, koje se stvaraju u kasnije jesensko doba, deblje i manje. Ta razlika tačno se opaža pače već i prostim okom u osobitim krugovima, tako zvanim godovima (Slika 77.); svake godine stvori se po jedan takav god, i prema broju godova možemo izračunati i starost drveta.

Kod jednosupnica nema ni traga tim godovima, a to slijedi već iz građe žilja. Većina naših jednosupnica uopće ne stvara višegodišnjega stabla, n. pr. trave, lijerovi i t d.; no ima jednosupnica, koje narastu i do vrlo debelih stabala, n. pr. poglavito razne paome: datulja *(Phoenix dactylifera)* ili kokos *(Cocos nucifera)*. I one rastu u debljinu, ali posve drugačije negoli dvosupnice. Žile jednosupnica nemaju nikakova kambija, te prema tome ne mogu rasti u debljinu. Zato ipak može drvo jednosupnica rasti u debljinu, i to time, da svake godine rastu nove žile izvan svih žila, i to djelovanjem osobitog meristema, koji nastaje u osnovnom staničju. Tako narastu mnoge jednosupnice i do debljine od više metara u obujmu; starost im teže proračunamo, ali se ipak cijeni po računu Aleksandra Humboldta t. zv. „zmajsko drvo" *(Dracaena Draco)* na otoku Tenereffi na starost navodno od 5.000—6.000 godina. Kod dvosupnica se po broju godova dade starost drveta lakše proračunati: ima jedna platana kod Bujukdere blizu Carigrada, koju cijene na 4.000 godina, a neke američke taksodije *(Taxodium mexicanum)* računaju na 3.000 godina. Po Kerneru može naše običnije drveće doživjeti najviše ove godine: tisa 3.000, hrast 2.000, smreka 1.200, lipa 1.000, ariš i bor 600, topola 500, bukva 200, grab 150. Svakako su te godine doživjeli tek rijetki pojedinci. Rast drveta u debljinu nije razmjeran s visinom a niti sa starošću drveta, jer je i širina godova kod raznoga drveća vrlo različita. Visina drveta ovisna je samo o karakteru pojedine vrste. Evo nekoliko primjera za visinu drveća:

Australski eukalipt *(Eucalyptus globulus)*	140—150	met.
Mamutovac *(Sequoia gigantea)*	79—142	„
Jela *(Abies pectinata)*	75	„
Smreka *(Picea excelsa)*	60	„
Ariš *(Larix europaea)*	53·7	„

Cipresa *(Cupressus fastigiata)*	52	met.
Bor *(Pinus silvestris)*	48	„
Bukva *(Fagus silvatica)*	44	„
Cedar *(Cedrus Libani)*	40	„
Bijela topola *(Populus alba)*	40	„
Močvarna cipresa ili taksodij *(Taxodium mexicanum)*	37·7	„
Hrast medunac *(Quercus sessiliflora)*	35·5	„
Platana *(Platanus orientalis)*	30	„
Jasen *(Fraxinus excelsior)*	30	„
Baobab *(Adansonia digitata)*	23·1	„
Pajasen *(Ailanthus glandulosa)*	22	„
Hrast lužnjak *(Quercus pedunculata)*	20	„
Grab *(Carpinus Betulus)*	20	„
Tisa *(Taxus baccata)*	15	„

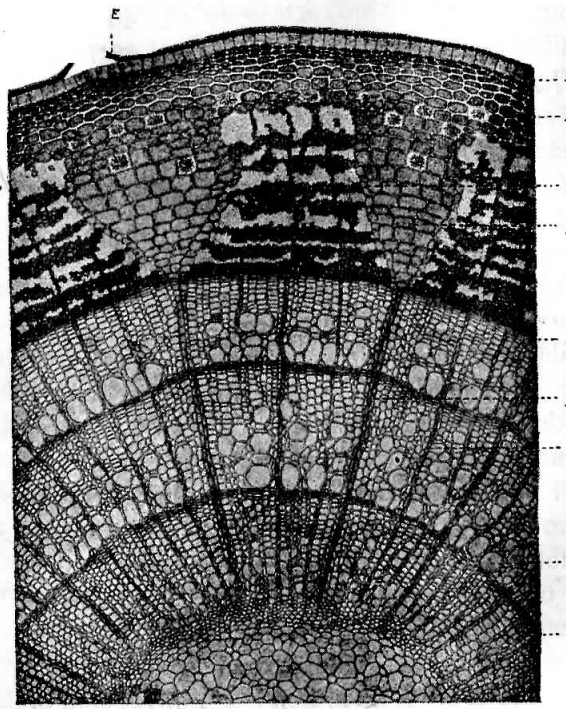
Građa samoga drveta u svake je vrste različita, a to se vidi već prostim okom, te se prema tome očituju različita svojstva drveta. Svaki stolar i drvodjelac raspoznaje svako građevno drvo, a anatom i botanik može po građi i sastavu drveta raspoznati ne samo vrste, nego i varijetete. Tako se po anatomijskoj građi može vrlo lako razlikovati svako crnogorično ili konifersko drvo od bjelogoričnoga dikotiledonskog drva, jer u koniferskom drvu ne nalazimo redovno traheja, nego same traheide. Pri tome nije odlučno znati samo za tu razliku, nego treba paziti često i na građu paremhimskih stanica, koje u nizovima spajaju srčiku s korom; to su zrake srčike ili sržni traci, koji služe dovođenju organskih tvari iz kore u drvo. Obično su te stanice ispunjene škrobom.

U građi stabla nalazimo kod mnogih vrsta i kojekakve anomalije, koje se teško dadu svesti na onaj općeniti plan građe, koji smo prikazali; u tom se slučaju dotična biljka obično razlikuje i svojim životom od običnoga drveća. Tako imaju osobitu građu drveta mnoge tropske povijuše (lijane). Ovdje dakako ne možemo ulaziti u prikazivanje te anomalne građe, jer bi nas to vodilo izvan prostora ove knjige.

Problem o kolanju vode.

Upoznali smo, da voda ulazi korijenjem u biljku i da kroz lišće redovno ne može ući. Ima doduše primjera u biljnom carstvu, gdje voda ulazi u biljku i kroz lišće, a tada se na lišću

nalaze posebne dlake-sisaljke, koje svaku kapljicu požudno upijaju. To su rijetki slučajevi, n. pr. kod tropskih bromelija *(Bromeliaceae)*, koje žive na kori visoka drveća kao epifiti, te nemaju gotovo nikakva korijenja. Redovno se biljka ne može okoristiti kišom po lišću, nego samo po korijenju. Kroz korijen ulazi velika množina vode u biljku, koja onda prolazi svim organima, te se djelomice, kako smo upoznali, u obliku pare isparuje. Spomenuli smo već i prigodice, da voda prolazi poglavito kroz čitavi žiljni sustav, ali sada treba to i dokazati. Ujedno ćemo pokušati, da razložimo ono pitanje, kojim li dijelom žilja prolazi voda.



Slika 77. Isječak presjeka kroz trogodišnju stabljiku lipe. *E* osušena epiderma, *P* periderma ili pluto, *R* zelena kora, *Ph* floem ili sitasti dio, *C* kambij, *M* sržni trac. *Tr* traheja, *IR* granica goda (Kny).

To je pitanje riješio već osnivač biljne fiziologije, Englez Hales, na vrlo jednostavan način. Taj glasoviti Halesov pokus možemo i sami ponoviti. Odrežimo tri svježe lisnate grančice jorgovana! Jednoj ogulimo na donjem tijelu koru, drugoj izrežimo djelomice drvo, ostavivši koru, a trećoj ostavimo i koru i drvo; onda sve te tri grančice stavimo u vodu! Već nakon 24 ure moći ćemo opaziti, da je grana, kojoj je bila samo kora u vodi, a drva nije imala, posve uvenula, a druge su dvije grane ostale svježe. To je dokaz, da u prvom slučaju nije mogla voda kroz

koru uzići, da nadomjesti gubitak vode, koji je nastao transpiracijom. Voda dakle protječe samo drvom, a ne korom. Saznavši za glavni dio stabla, kojim voda protječe, nastaje ujedno i drugo pitanje: prolazi li voda membranama cijevi ili njihovim šupljinama, lumenom? Stavimo li drvo u vrući vosak, to će on začepiti otvore traheja; metnemo li na to grančicu u vodu, to će naskoro uvenuti, jer se voda nije mogla kroz zatvorene cijevi uspeti. Te cijevi ili traheje u žilama spojene su cijelom biljkom kao kakov vodovodni sistem. To ćemo vidjeti ovako: ako kroz dugu „španjolsku» trsku[1] *(Calamus Rotang)* udahnemo duhanski dim, to ćemo ga kroz trsku lako protjerati, jer su traheje prilično široke; posve sigurno možemo dakle ustvrditi, da voda protječe poglavito trahejama i traheidama, ali zato ipak nije isključeno, da prolazi djelomice i parenhimskim stanicama.

Sl. 78. Mjerenje korijenova tlaka manometrom.

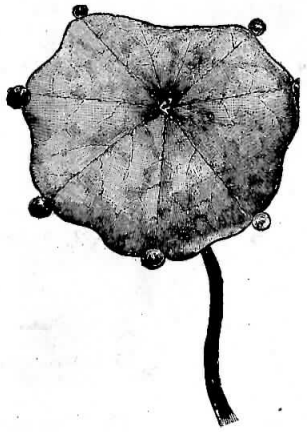
Za kolanje je vode svakako najvažnije znati one sile, koje vodu dižu u visine visokih drveta, n. pr. smreke i jele. To je ujedno i zadatak, na kojem radi veći broj istraživača kroz decenije, a da ga do danas ipak još nijesu riješili konačno. Poznajemo doduše djelovanje pojedinih sila, možemo im pače proračunati jakost, no svi nam ti računi ipak ne mogu potpuno razjasniti taj zamršeni problem.

Kolanje vode u biljnom tijelu možemo razdijeliti na tri faze: prva je upijanje vode, druga uzlaženje vode u vis, a treća je isparivanje vode.

Korijenje upija vodu s nekom osmotskom snagom, koja potječe od svih stanica korijena; zovemo je tlak korijena, koji može vodu dignuti do neke visine. Djelovanje toga tlaka možemo opažati i u prirodi: iz presjeka vinove loze, koja se u proljeće reže, curi voda ili, kako kažu, loza „plače". U to je vrijeme prije listanja snaga korijena najjača, pa može sokove dignuti i do visine od jednoga metra; tlak je korijena uzrokom, da iz nekoga bilja prilično jako curi, ako ga narežemo. Na taj

[1] Ne raste u Španiji, nego u vlažnim tropama Indije i indomalajskog otočja.

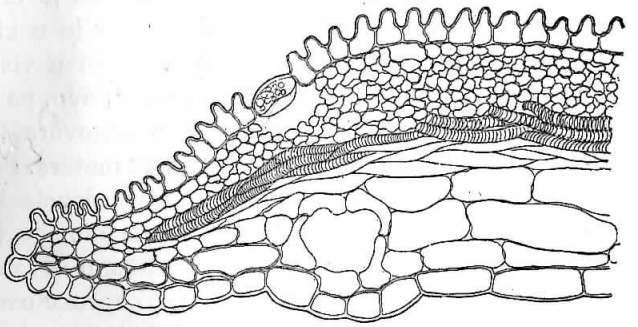
se način dobiva u Americi slador iz sladornoga javora *(Acer saccharinum)*, a u Mehiku iz agave *(Agave americana)* slatki sok, od kojega prave opojno piće „pulque"; oveća jedna agava dade u jedan dan i 6—8 litara slatkoga soka zvana „aguamiel", a to curenje znade potrajati i 3—4 mjeseca. Slični slatki sok daju i paome „gomuti" *(Arenga saccharifera)* i kokos *(Cocos nucifera)*. To curenje soka, komu je uzrokom tlak korijena, možemo izmjeriti manometrom: odrežimo stabljiku biljke nad korijenom i na odrezani dio nataknemo cijev od gumije, koju čvrsto s manometrom spojimo (Slika 78.); voda će se ili sok u cijevi dizati i tlačiti na živu u manometru. Takovim mjerenjem određen je tlak korijena i od više atmosfera, ali dakako, taj tlak nije jednak kroz cijeli vegetacijski period, a najjači je u proljeće. Tako isto djeluje taj tlak kod zeljastog bilja, a često je tako jak, da se voda izlučuje kapljicama na nekim dijelovima lišća. Taj pojav izlučivanja vode kapljicama, t. zv. gutaciju možemo primjerice lijepo motriti na lišću dragoljuba *(Tropaeolum majus)* (Slika 79.), i to osobito u jutro: na svakom listu vidimo po više kapljica vode poput kapi rose, koje se pojave upravo na okrajcima lisnih žila na rubu lista. Na tom se mjestu nalaze pače posebni organi, koji upravo služe izlučivanju vode; to su hidatode, a sastoje se od nešto većih puči (vodenicâ) i od posebna staničja pod njima, koje služi tiskanju vode (epitem) (Slika 80.). Kao hidatode mogu služiti i dlačice, primjerice na donjoj strani lišća grahova *(Phaseolus multiflorus)*, a ima ih i takovih, koje su građene kao osobite žlijezde na površini listova, n. pr. kod tropskih biljnih porodica piperaceja *(Piperaceae)* i binjonijaceja *(Bignoniaceae)*. Hidatodâ imaju poglavito one biljke, koje imadu viška vode, tako da taj suvišak izluče; tako n. pr. brazilska zečja soca *(Oxalis Tweedeana)* ima hidatodâ, a naše zečje soce *(O. acetosella* i *corniculata)* nemaju ih.[1] Količina vode, koja se gutacijom



Sl. 79. Gutacija na listu od dragoljuba *(Tropaeolum majus)*. Warming-Johannsen.

[1] Vouk V.: Gutacija i hidatode kod Oxalis-vrsta. Rad Jug. akad. knj. 204; 1915.

izluči, obično je malena. Dragoljub, kineski jaglac *(Primula sinensis)* i zečja soca izlučuju preko noći tek po nekoliko kapi, dok primjerice kopriva i druge neke njezine srodnice *(Boehmeria, Parietaria)* izlučuju na cijeloj površini tako, da se čini kao da je na list rosa pala. Kao skrajnji primjer vrlo jake gutacije spominje se tropska biljka *Colocasia antiquorum* sa indomalajskog otočja, koja po mjerenju izlučuje u jednoj noći 9—20 grama vode, a prof. Molisch mjerio je kod neke srodne vrste *(Colocasia nymphaefolia)* 48 do 97 cm^3 vode u jednoj noći. To izlučivanje biva iz vrška još nerazvijenoga lišća tako jako, da upravo curi kap za kaplju kao iz kakova „živa vodoskoka". Gutacijom izlučena voda sadržaje redovno otopljenih rudnih soli, koje se kadšto na površini lista u većoj količini talože, primjerice kod jedne alpinske kamenike (*Saxifraga Aizoon*), kod koje se na rubu lista vide bijele nakupine izlučenoga vapna.



Slika 80. Prerez kroz hidatodu na listu brazilske zečje soce. *(Oxalis Tweedeana)*.

Tlak korijena tjera dakle vodu odozdo do neke visine; sa površine lišća pak djeluje onaj tlak, koji nastaje od isparivanja. Isparivanjem naime postaje koncentracija sokova u stanicama lista jača, a usljed toga povećava se osmotska snaga, koja siše vodu iz nižih stanica sve do izravnanja tlaka. Transpiracija ima dakle velikog udjela kod dizanja vode u vis.

Cijeli taj tlak nije ipak dostatan, da rastumači uzlaženje vode u visine najvišega drveća. Tlak jedne atmosfere može uzdignuti stupac vode samo u visinu od 10 metara, a pri tome ne računamo otpor u sitnim cijevima ili u kapilarama, kakove su traheje; tu treba mnogo veća sila, koja po računu fiziologa (Dixon, Ewart) bez sumnje iznaša 20—100 atmosfera. Odakle u biljke tolika snaga, da može uzdignuti vodu do visine od 50—100 metara? To je pitanje ostalo još i do danas neriješeno, premda je

taj problem bio i u najnovije doba često predmetom fiziologijskih istraživanja. Iz raznih mnijenja o tumačenju toga zagonetnog pojava dolaze danas poglavito dvije bitno različite hipoteze ili teorije. Po vitalističkoj (životnoj) teoriji (Westermaier Godlewski, Janse, Ewart, Ursprung) sudjeluju kod uzlaženja vode u vis bitno žive parenhimske stanice u žilju, čineći tako neki sistem sisaljaka, koje stoje u mnogo redova jedna nad drugom. Po drugoj fizikalnoj teoriji (Dixon i Joly, Askenasy) dade se uzlaženje vode svesti poglavito na fizikalne sile, od kojih je najvažnija kohezija (kohezijska teorija po Renneru). Ovo mišljenje potkrepljuje poglavito jedan znameniti pokus Askenasyev. Askenasy je uzeo takovu cijev, koja je na vršku bila raširena poput lijevka, i napunio je lijevak sadrom. Cijev je napunio vodom i zaronio je tada u živu. Kad se sadra stala isparivanjem sušiti, nastao je u cijevi sve to veći tlak, koji je kao kakva sisaljka dizao živu u vis; vodeni stupac u cijevi držao se kohezijom i nije se raskinuo, pa se živa u pokusima digla i do 3 metra visoko, a to odgovara tlaku od 4 atmosfere ili vodenomu stupcu u visini od 40 metara. Po toj kohezijskoj teoriji nalazi se u vodovodnom sustavu drveta kapilarni stupac vode, koji kohezija drži s takovom snagom, da je takav stupac čvršći od krutih tjelesa, te bi po računu Dixonovu trebalo sile od 34 atmosfere, da ga raskine. Zapreke ovoj teoriji nastaju u tome, što je poznato, da se u trahejama nalaze često i mjehurići zraka (Jaminovi lanci), koji mogu umanjiti kohezijsku čvrstoću vodenoga stupca, a zadaju uzlaženju vode i znatan otpor. Sama kapilarnost dolazi kod tumačenja uzlaženja vode u obzir samo kao sila, koja podržava vodu u nekoj visini, a da sama ne pridonosi ništa uzlaženju vode. Danas većina botanika naginje ovomu fizikalnom tumačenju uzlaženja vode pridavajući koheziji kao sili dizanja vode veliku vrijednost, a da se pri tom nimalo ne zabacuju druge sile; tlak korijena, transpiracija, osmotski tlak u lišću.

Uzlaženje vode i u njoj otopljenih rudnih tvari u vis drvenastim dijelovima biljke zovemo uzlaznim tokom (tijekom). Osim ovoga postoji u biljci silazni tok sokova, koji ide od lišća prema korijenu. Poznato nam je, da se u lišću stvara organska hrana, škrob i slador, a nastaje tu i bjelančevina. I ta organska

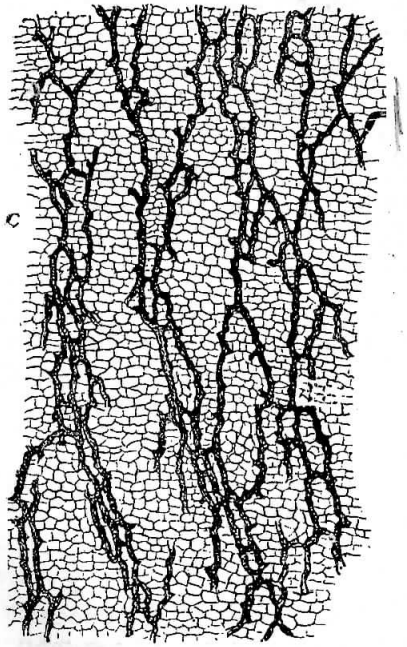
hrana treba da se raziđe po cijelom biljnom tijelu, a za to kolanje upotrebljava ona drugi put nego što ga upotrebljava voda. Taj je put sitasti dio žilja (floem) sa značajnim sitastim cijevima, koji se u odrasloga drveta nalazi u kori. Zato i kažemo obično: voda kola uzlaznim tokom kroz drvo, a organske tvari silaznim tokom kroz koru. U sitastim cijevima nalazimo uvijek bjelančevine, a škroba ima obično u parenhimskim dijelovima kore. Da je tomu tako, kaže nam i pokus: Ako koru na drvetu izrežemo u obliku potpuna koluta, to ćemo za godinu dvije dana vidjeti, da će na gornjem dijelu, gdje je kora odrezana, nastati odebljanje; to je znak, da je tu bilo mnogo organske građe, od koje se to odebljalo staničje moglo razviti (hipertrofija). Organske su naime tvari dolazile korom do toga mjesta i nemogući dalje, to su se ovdje u većoj količini nakupile, a od toga je i nastala „hipertrofija" staničja. Taj pojav rabi vrtlarima u praksi, te prstenuju rezom koru na grančicama; time postignu da se u lišću stvorena organska hrana ne odvede u stablo, nego se upotrijebi sva za izgradnju plodova, pa voće bude punije i veće.

Posve je razumljivo, da organski sokovi mogu prolaziti i drvenim dijelovima, i to parenhimskim stanicama, a tako isto može i voda prolaziti korom, pogotovo, gdje nastaje potreba jedne ili druge hrane.

Izlučine kao konačni produkti tvarne izmjene i organi za njihovo izlučivanje.

U svakoj tvornici nastaju i takovi produkti, koji nijesu više ni za šta, te ih se konačno ukloni. I u biljci, koju smo upoznali kao veliku kemijsku tvornicu, nastaju razni sporedni produkti. Takovim sporednim produktom tvarne izmjene drže mnogi i mliječni sok, koji je upravo značajan za neke biljne porodice, n. pr. za makovnjače *(Papaveraceae)*, mlječike *(Euphorbiaceae)*, kozlače *(Aroideae)*, lobelije *(Lobeliaceae)* i t. d. Svakome je poznato bijelo mlijeko, što curi iz maka, ili narančasti mliječni sok iz rosopasa *(Chelidonium majus)*. Taj mliječni sok smjesa je od najrazličnijih tvari i prolazi kroz posebne mliječne cijevi (Slika 81.); ima u njemu škroba, sladora, bjelančevine, ostanaka plazme, masti, trijeslovine, pa osobito mnogo glukozida i alkaloida, a u

nekim biljkama i veće količine kaučuka *(Hevea brasiliensis, Ficus, Landolfia* i dr.) te se od ovih dobiva kaučuk u veliko. Alkaloida ima gotovo u svakom mliječnom soku, pa stoga neki drže, da mliječni sok ima tu zadaću, da štiti biljku od napadaja životinja. S fiziologijskoga gledišta drže neki mliječne sokove, kako već rekosmo, za sporedne produkte tvarne izmjene, a drugi opet, da služe i provođenju organske hrane, i ako je to manje vjerojatno. Svakako nije mliječni sok prava izlučina, premda ga možemo držati produktom tvarne izmjene.



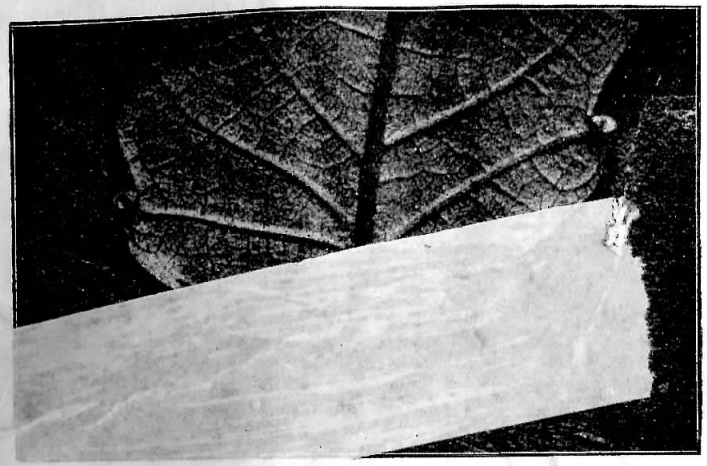
Slika 81. Mliječne cijevi u korijenu zmijka *(Scorzonera hispanica).*

Nekoje biljke na stalnim za to određenim mjestima izlučuju slador ili sladorastu tekućinu, koja se naziva nektar. Izlučivanje nektara na osobito građene organe, nektarije, ima više biologijsko značenje negoli fiziologijsko. Ti se nektariji nalaze ili u cvijetu, gdje služe privabljivanju kukaca za oplodnju (floralni nektariji), ili se nalaze van cvijeta, obično na lišću, n. pr. kod bazge, šljive ili pajasena[1] (Slika 82.). Ti „ekstrafloralni nektariji" ne stoje ni u kakovoj vezi s oplodnjom bilja. — Građa je nektarija vrlo različita, te se ne da svesti na jedan jedini tip. To su ponajviše žlijezdasti organi na površini, gdje izlučuju onaj sladorni sok. Mnogi drže, da ekstrafloralni nektariji stoje u odnosu sa posjetom mravi; taj odnos zovemo mirmekofilija (Isporedi poglavlje 30.).

Prave izlučine, koje biljka ne može više da upotrebi za hranu, izlučuju se ili na površini biljke različitim žlijezdastim organima ili, a to je još mnogo češće, u međustaničnim prosto-

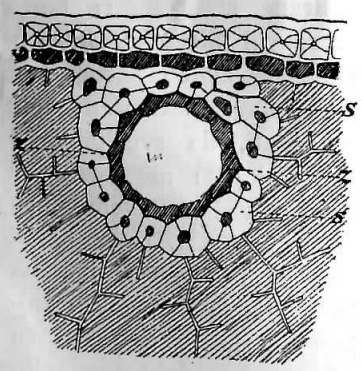
[1] V. Petaj: Extrafloralni nektariji na lišću pajasena *(Ailanthus glandulosa).* Rad Jugoslavenske akademije. Knjiga 215. god. 1917.

ima, koji su za to posve udešeni. Takove su izlučine ponajviše azna ulja i smole. Smolaste tvari izlučuju često glavičaste žlijezdaste dlake, koje se nalaze na lišću i stabljici, n. pr. kod



Slika 82. Nektariji na rubu lista (sa svake strane po dva) pajasenova. (V. Petaj).

drijemine *(Lychnis viscaria)* ili kod pelargonije *(Pelargonium zonale),* ili pak služe kao organi za izlučivanje osobite žlijezde na površini, n. pr. kod hmelja *(Humulus lupulus),* majčine dušice *(Thymus)* i metvice *(Mentha),* pa na ljepivim pupovima divljega kostanja *(Aesculus Hippocastanum).*



Slika 83. Smolenica u listu bora *(Pinus silvestris).* (Haberlandt).

Mnogo se češće izlučuju ulja i smole u unutrašnjosti biljnih organa u posebnim za to udešenim međustaničnim prostorima, a eventualno i u pojedinim stanicama. Takovi prostori i stanice, u kojima se izlučuju ulja i smole, zovu se uljenice ili smolenice. List od ivanjice *(Hypericum perforatum)* pun je takovih uljenica, pa nam se čini kao da je rupičast (perforatus); takovih uljenica nalazimo i u rutvica *(Ruta*-vrste), pa u eukalipata

(Eucalyptus globulus). Uljenice i smolenice protežu se katkad poput dugih cijevi kroz pojedine biljne organe; takove su n. pr. smolenice u stablu i u iglicama konifera *(Coniferae)* (Slika 83.) ili uljenice kod štitaraka *(Umbelliferae)* i glavočika *(Compositae)*, a mogu biti ispunjene i sluzavom tvarju *(Opuntia, Lycopodium)* i trijeslovinom (bazag; *Sambucus).* I kalcijev oksalat, koji se često izlučuje u biljnim stanicama možemo držati izlučinom, jer se izlučuje poglavito na mjestima, gdje je tvarna izmjena najjača.

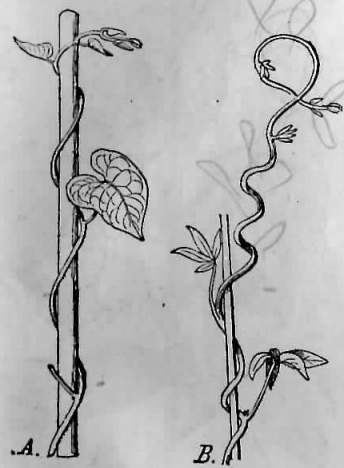
Sve te u fiziologijskom pogledu beskorisne izlučine mogu ipak imati neko biologijsko značenje, te ih mnogi drže za vrlo važno sredstvo biljke za obranu od napadaja životinja. A čovjek je učinio mnoge od ovih tvari, koje navodno nemaju vrijednosti za biljku, sebi korisnima, te ih sve redom: ulja, smole, trijeslovine, kaučuk i drugo upotrebljuje, tako da je danas opstanak kulturnoga čovjeka bez njih upravo nemoguć.

15. Razni tipovi hranidbe bilja.

„Borba za opstanak", ta svemožna sila vlada u biljnom kao i u životinjskom carstvu; u šumi, livadi, u vodi i na suhu, gdje bilje živi zadružnim životom, nalaze se pojedine vrste u neprestanoj borbi ili natjecanju za dobavu hrane. U toj su se borbi izrazili pojedini zahtjevi i konačno se razvili određeni tipovi s obzirom na hranidbu. Jedna biljka treba više svijetla, druga pak topline ili vlage; svaka ima svoje osobite potrebe. U predašnjim smo poglavljima imali već prigode upoznati, da sve biljke s obzirom na hranidbu razdijelimo na dva skupa: na zelene ili autotrofne, i na heterotrofne, koje najvećim dijelom nijesu zelene. Zelene biljke mogu hlorofilom asimilirati, t. j. one sebi same pripravljaju organsku hranu i zato ih zovemo biljkama autotrofnim; biljke bez hlorofila to ne mogu i stoga ih zovemo heterotrofnim biljkama, jer moraju primati gotovu organsku hranu. Ovomu drugomu skupu pripadaju poglavito gljive, o kojima u bližnjem poglavlju napose govorimo. No ima i među višim biljkama takovih, koje nemaju hlorofila i primaju gotovu organsku kranu ili su pak neke dijelom autotrofne, a dijelom heterotrofne; ima konačno i takovih, koje su zelene i

autotrofne, ali su svojim osobitim životnim prilikama i potrebama postale osobitim tipom. Upoznat ćemo dakle najznatnije takove tipove hranidbe.

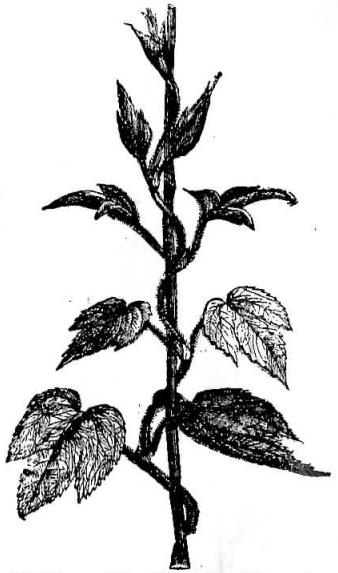
Povijuše i penjačice. Borba za svijetlo kao za najglavniji uvjet asimilacije razvila je osobiti biljni tip: povijuše i penjačice. Bršljan *(Hedera helix)*, koji inače dobro raste na šumskom tlu u sjeni bukava, ne može u sjeni procvjetati i zato se penje uz drveće visoko u krošnje, da ulovi što više svijetla. Za svoje penjanje upotrebljuje bršljan korijenje, kojim neobično čvrsto priraste uz podlogu; često se može vidjeti, gdje se bršljan svojim korijenjem penje i po samom glatkom nadgrobnom kamenju. U tropskim predjelima ima prilično mnogo takovih penjačica, koje se penju korijenjem, a pripadaju obično nekim biljnim porodicama, n. pr. kaćunovicama *(Orchideae)*, i kozlovinama *(Aroideae)*, od kojih se kao najobičnije goje svagdje u staklenicima rodovi *Monstera* i *Philodendron.* Ovakove penjačice imaju kadšto i različito korijenje: jedno, koje služi učvršćenju klice, a drugo, koje služi hranidbi njenoj; ovo se drugo spušta obično iz visina čak do zemlje, gdje se zakorijeni.



Sl. 85. Povijuše, A *Ipomaea purpurea, Akebia quinata.*

Ima i takovih penjačica, koje se penju osobitim hvataljkama u obliku trnja. Najsjajniji primjer takove trnovite penjačice tropska je paoma, koju smo već prigodica upoznali s imenom „španjolske trske" *(Calamus Rotang).* Ona zna doseći i vršak najvišega tropskoga drveća, penjući se u dužini od 200 metara, a da stabljika pri tom ne naraste deblja od 9—4 centimetra. Prof. Haberlandt opisuje tu penjačicu u svojoj osobito zanimljivoj knjizi „ O botaničkom tropskom putovanju" ovako: Zađemo li u botaničkom vrtu Buitenzorga (na otoku Javi) s puta u guštik, gdje stoje povijuše i penjačice, lako nam se dogodi, da nam se šešir s glave istrgne, jer sa svih strana prijete bačene udice, da nas uhvate za odijelo ili da nam na licu i rukama

zadadu ogrebine. Promotrimo li te udice pobliže, razabrat ćemo produžene vrške peteljaka vrlo milovidnoga lišća vitke rotang-paome, koje je poput udice zavinuto. Svaki se takov list završuje tim strašnim bičem, a što on uhvati, više ne pušta. Čvrstoća ovoga biča, građena od najčvršćega lika, upravo je velebna. Konja bi na nj' mogli objesiti, primijetio je moj vodić, kada sam kušao, da omjerim čvrstoću te udice. Budući da su ti krajevi peteljaka jako gibljivi, to ih vjetar lako baci i na najvišu granu, gdje se tako čvrsto zahvate, da ih ni najjači vjetar ne može više istrgnuti". U tropskim vlažnim šumama ima nebrojeno mnogo takovih penjačica s najraznovrsnijim hvataljkama.



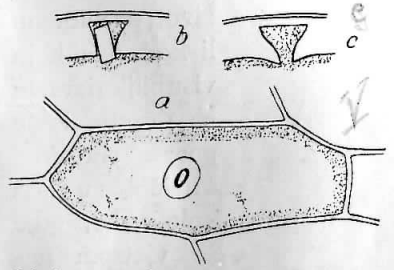
Slika 86. Hmelj *(Humulus Lupulus)*, povijuša dešnjakinja.

Treći način penjanja u vis biva povijanjem, kako to čine povijuše ili lijane. Pravih lijana ima u tropama vrlo velik broj, i to iz najrazličnijih porodica; u našoj su flori povijuše rjeđe; Takove su n. pr. slak *(Convolvulus)*, grah *(Phasaeolus)*, grašak *(Pisum)*, hmelj *(Humulus lupulus)*, (Slika 86.), bijela loza *(Clematis Vitalba)*. Neke se od njih povijaju na lijevo (ljevakinje, Slika 85.), n. pr. grah, a neke na desno (dešnjakinje) n. pr. hmelj. (Slika 86.). Što je pravi uzrok tom osobitom gibanju stabljike oko osi, nije danas još posve rastumačeno; znamo samo to, da vršak svake povijuše neprestano kruži u zraku nekim nepravilnim smjerom, a to je gibanje Darwin opisao kao cirkumnutaciju; uz tu cirkumnutaciju djeluje donekle, kako je to danas utvrđeno, i geotropizam stabljike.

Najzagonetniji način penjanja je viticom. Vitice mogu biti razna morfologijskog podrijetla: ili su to osi stabljike, na pr. u buće i loze, ili listovi *(Lathyrus aphaca)*, ili su peteljke *(Clematis)*, a mogu biti i vršci listova i palistići. Osobito su zanimljive vitice bućâ, koje su poput pera zavijene spiralno, i to najprije jednim, a onda drugim smjerom, te biljka visi kao na

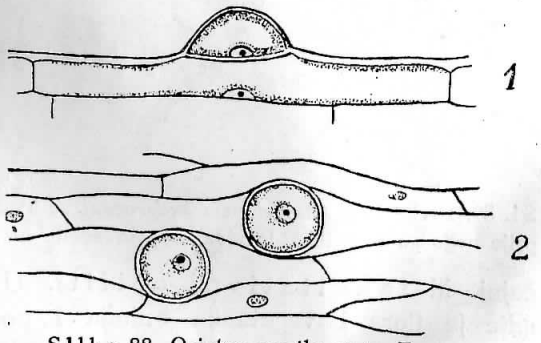
elastičnim perima. Divlja loza *(Ampelopsis hederacea)* ima na viticama osobite prilepljive pločice, kojima se hvata na kratkim zidovima (Slika 89.).

Vitice su isprva ravne, te su na svaki dodir osobito osjetljive, a na malo jače trenje reagiraju i gibanjem, od kojeg nastaje ovijanje podloge (haptotropizam ili tigmotropizam). Haberlandt je pače na takovim viticama našao posebne organe u epidermi, koje tumači kao osjetilne organe za primanje mehaničkih podražaja; to je doduše posve vjerojatno, ali je pokusnomu dokazu jedva pristupačno.



Slika 87. Osjetne jažice na viticama buće. (Haberlandt.

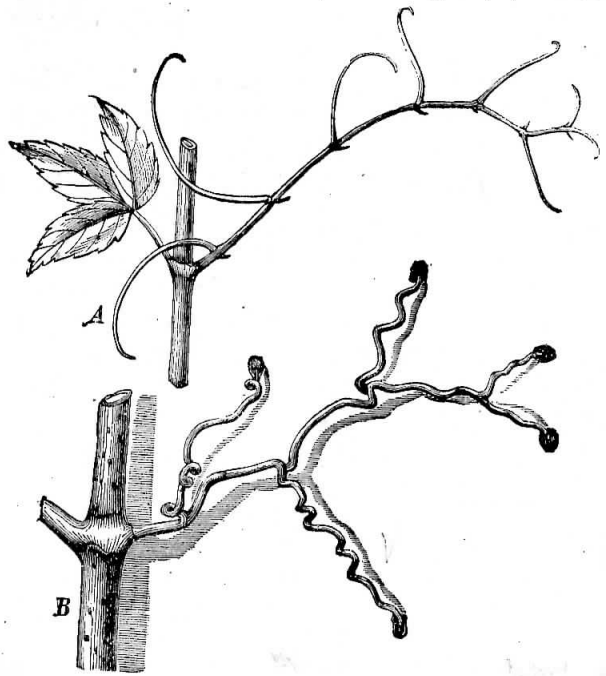
U čemu je stvar? Pfeffer je prvi ustanovio na viticama kod buća *(Cucurbitaceae)*, da na onoj strani, koja je osjetljiva, nastupaju na membranama osobite malene udubine u obliku jamica, tako da je na tom mjestu membrana vrlo tanka. U ovoj se jamici nalazi kod mnogih vrsta još i jedan oštri kristal (Slika 87.), koji usljed laganog pritiska na membranu tlači na protoplazmu, u kojoj leži. Ovaj pritisak djeluje kao podražaj, koji uzrokuje ono gibanje vitice. Ove osobite strukture zove Haberlandt „osjetnim jažicama" i drži ih za organe, koji služe percepciji ili primanju mehaničkih podražaja, koji nastaju usljed pritiska. Osobito razvijeni tip takovih osjetilnih organa jesu „osjetilne papile, koje imaju neke biljke na svojim viticama, a naročito se u svojoj osebujnosti ističe primjer kod vrste *Eccremocarpus scaber* (Slika 88.), jedne tropske biljke. Ovdje preuzima funkciju osjetilnog organa izbočena stanica na sredini epidermnih



Slika 88. Osjetne papile vrste *Eccremocarpus scaber*. (Haberlandt).

stanica. Slika je ovog organa takova, da se već na prvi pogled ne možemo oteti tumačenju u smislu Haberlandtove nauke o osjetilnim organima za percepciju mehaničkih podražaja.

Epifiti. Biljke, koje su se naselile u krošnjama drveća, zovemo epifitima (epiphyta). U našoj su flori to ponajviše niže biljke, n. pr. lišaji, a osobito alge i mahovi, koji žive na kori raznoga drveća; od višeg bilja nalazimo vrlo rijetko da bi koja rasla na kori drveća. A to nije ni moguće, jer korijenje višega bilja treba zemlje i humusa za svoj život; pa nađemo li kod nas koju višu biljku izraslu na drvetu, to je posve slučajno, a najčešće u glavi koje vrbe, gdje se vjetrom nakupilo i zemlje i humusa; bilje, koje se tu slučajno nađe, naselilo se na taj način, da je vjetar donio sjemenke, koje su, našavši pogodno tlo, proklijale i razvile potpunu biljku. To su dakle slučajni ili fakultativni epifiti. U tropskim krajevima, gdje je flora i vegetacija bujnija i posve drugačija, nalazi se na drveću mnogo epifita, koji nijesu samo slučajni gosti, nego su pravi stanovnici na kori i krošnji drveća, odakle nikad ne silaze, tek neki spuštaju dugo zračno korijenje čak do tla. Među takovim pravim epifitima ima ih i koji nemaju takova zračnoga korijenja, te primaju vodu kroz dlake sisaljke na lišću, n. pr. bromelije *(Bromeliaceae)*, za koje možemo

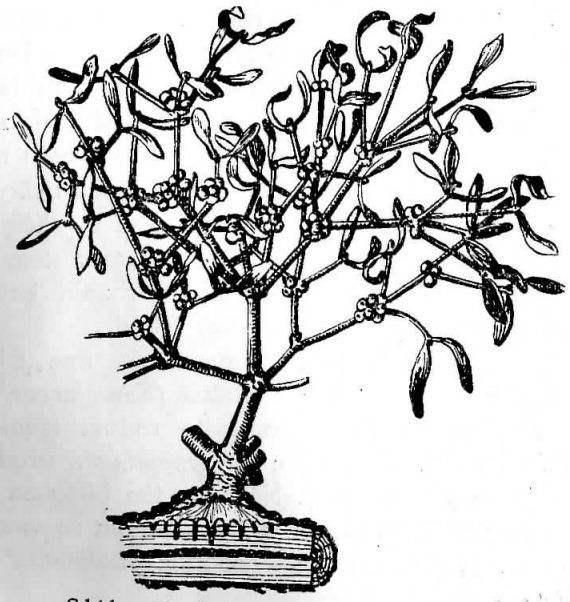


Sl. 89. Divlja loza *(Ampelopsis hederacea)*. *A* hvataljke prije nego su se prihvatile zida, *B* prihvaćene na zidu.

reći da „žive u zraku" i stoga ih nazivamo aerofitima (aerophyta). Pravim epifitima pripadaju naročito porodice kozlovina *(Aroideae)* i kaćunovica *(Orchideae)*. Ove imaju jednu zajedničku osobinu, koja je u vezi s rasprostranjenjem epifita u krošnjama drveća, t. j. one imaju neobično lake sjemenke, tako da ih vjetar može vrlo lako raznositi. Jedna sjemenka orhideje *Dendrobium attenuatam* važe primjerice po mjerenju Beccaria 0.0000059 grama, a neke druge sjemenke imaju k tome još i mjehuriće, koji služe letenju, ili imadu kvačice i trnje, kojim se lakše prihvate za drveće.

Svi su ti epifiti inače prave autotrofne biljke, koje se hrane poput svake druge zelene biljke.

Parasiti ili nametnice. Lako možemo zamisliti, da epifit, koji živi na drvetu i pušta korijenje na kori, konačno prodre korjenićima i u samo živo drvo, te se ovdje i razgrani. Takovih slučajeva nalazimo doista u prirodi, premda baš ne možemo za sigurno ustvrditi, da su nastali onako, kako smo mi zamislili. Takova je biljka naša imela bijela *(Viscum album)*, koja zimi resi naše drveće zelenim krošnjama. Imela raste na raznom drveću, na jabuci, kruški, topoli, lipi, jeli, boru i dr., a stabljika joj naraste debela do nekoliko centimetara u promjeru; ona nema pravoga korijena, nego mjesto njega ima osobite sisaljke, koje se spuštaju u drvo. (Slika 90.). Korjenasti dio ulazi samo pod koru, gdje prolazi razito, a od njega se spuštaju sisaljke u drvo; one sišu iz drveta poglavito rudnu hranu. Ako se više grmova nalazi na jednom drvetu, to mogu



Slika 90. Grm imele *(Viscum album)*.

cijelo drvo uništiti; pojedinci nijesu osobito opasni. Organsku hranu imela ne treba crpsti iz drveta, jer ima zeleno lišće, pa može sama asimilirati; ona dakle živi djelomice na tuđi račun, na račun svoga stanodavca, pa je stoga zovemo nametnicom ili parasitom. No ipak nije prava nametnica, koja živi posvema na račun svoga stanodavca, jer se djelomično i sama hrani vlastitom svojom snagom; ona je dakle polunametnica ili hemiparasit. Takova je polunametnica i sestra bijele imele, koja raste gotovo samo na hrastu, žuta imela *(Loranthus europaeus)*. I ta žuta imela raste u nas[1], a razlikuje se od bijele poglavito time, što zimi odbacuje lišće. U primorskim krajevima oko Sredozemnoga mora, a i u nas, raste na šmriki *(Juniperus Oxycedri)* imelica sitna *(Arceuthobium Oxycedri)*, koja je, kako joj i ime kaže, vrlo sitna i oblikom i veličinom. Sve naše imele neznatne su prema tropskim vrstama, koje su mnogo veće, te imaju velike i ugledne cvjetove raznih boja, n. pr. *Loranthus formosus, grandiflorus, Mitisii* i t. d.

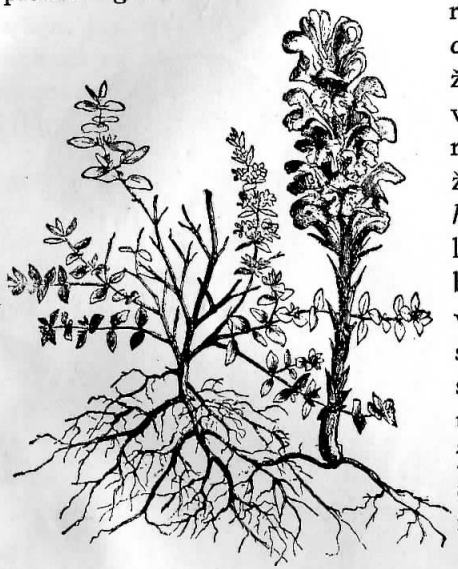
Takovih zelenih polunametnica ima u biljnom carstvu poglavito još u porodici santalina *(Santalaceae)* i skrofularija *(Scrophulariaceae)*. To su poglavito rodovi lanak *(Thesium)*, vidica *(Euphrasia)*, škrobotac *(Rhynanthus)*, urodica *(Melampyrum)*, ušljivica *(Pedicularis)*. Na svim tim biljkama nije moguće izvana ni zamijetiti kakovu osobitost, jer im se nametnička narav krije u zemlji, gdje korijenje osobitim sisaljkama napada razno korijenje drugoga bilja.

Kad na posljetku takova nametnica, živeći na tuđi račun izgubi svoju samostalnost potpuno, postane prava nametnica. Kao prvi i svakome poznati primjer spominjem predence ili vilinu kosu *(Cuscuta europaea)*, koja svojim bijelim tankim stabljikama napada osobito djetelinu. Vilina kosa ima doduše u svojoj stabljici i lišću hlorofila, ali ga je tolicno, da ne može biljku asimilatima oskrbiti. I volovode *(Orobanche)* pripadaju ovomu osobitomu skupu bilja, koje žive bez hlorofila na račun svojih stanodavaca (Slika 91.). Ima ih u svemu nešto preko 180 vrsta, od kojih većina živi na korijenju lepirnjača. Obično ima svaka vrsta svoju vlastitu hraniteljicu; tako primjerice živi *Orobanche*

[1] Hirc D. iz Hrvatske flore. Bršljan, imela bijela i žuta, imela sitna. Zagreb, 1902. Preštampano iz „Šumarskog lista".

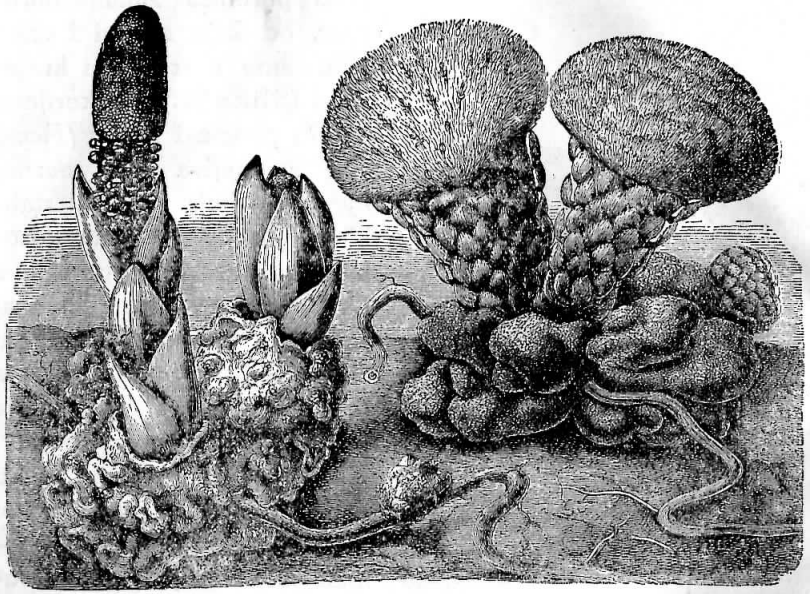
minor na djetelini, *O. rubens* na lucerni, *O. hederae* na bršljanu itd. I naša potajnica *(Lathrea squamaria)* s blijedo-crvenkastim stabljikama i ljuskavim podancima prava je nametnica; pojavljuje se rano u proljeću obično blizu stabala, gdje žive na njihovu korijenu.

Nametničko življenje dovelo je konačno neke biljke do toga, da su posve napustile svoj vegetativni život s nadzemnim organima, jer je postao posve suvišan, otkako je korijen preuzeo cijelu zadaću prehrane, samo su van hraniteljice još ostali rasplodni organi. Ovomu osobitomu skupu nametnicâ pripada u prvom redu porodica *Balanophoraceae*, od koje rodovi i vrste žive samo u tropskim krajevima (Slika 92.). Na korijenu raznih paoma i fikusa *(Ficus)* živi zanimljiva *Langsdorffia hypogaea*, koja nema ni stabljike ni lišća, nego samo osobiti stručak, koji poput gljive viri iz zemlje, a na njemu su se razvili cvijeci. Ovaj čudni stvor među višim biljem raste u Kolumbiji i Venezueli, gdje je poznat s imenom „siejos", a skupljaju ga i upotrebljavaju mjesto svijeća, jer ima u sebi veliku količinu voska. Na indomalajskom otočju žive više *Balanophora*, koje kao ni *Langsdorffia* nemaju stabljike ni lišća nego samo stručke, na kojima se razvijaju cvjetovi; ti cvjetovi sjećaju svojim oblikom i osobito živim bojama na gljive. I u krajevima oko Sredozemnoga mora živi takova nametnica, koja je slična gljivi. To je *Cynomorium coccineum* iz porodice istoga imena, poznat s imenom „malteška gljiva" *(Fungus melitensis)*. (Slika 94.). Ova zanimljiva biljka raste na korijenju trišlje *(Pistacia)* i mrče *(Myrtus)*, a ima stručak crven kao krv; u njemu ima crvena mliječna soka, koji rabe kao lijek proti krvarenja.



Sl. 91. Volovodka *(Orobanche Epithymum)* kao nametnica na korijenju majčine dušice *(Thymus Serpyllum)*. Po Baillonu.

Još su zanimljivije svojim životom nametnice iz porodice raflezija *(Rafflesiaceae)*, koje nemaju ni onoga stručka, kao što balanofore, te im je od cijeloga vegetativnoga tijela preostalo samo još staničje korijena, koje se razvilo u kambijalnom dijelu hraniteljice biljke. Da još nemaju cvijeta, ne bismo za njih ni znali, jer cvijetovi još jedini vide svijetlo svijeta. U ovu se svojtu broji *Pilostyles Hausknechti*, koji živi u drvu traganta *(Astragalus*-vrste) poput micelija kakove gljive, te samo cvjetići vire iz kore. Najzanimljivija je u tom pogledu svakako *Rafflesia Arnoldi*,



Slika 92. Balanofore, nametnice na korijenju. Lijevo *Scybalium*, desno *Balanophora*, Po Kerneru.

koja nema stabljike, ali zato ima ogroman cvijet, kakova nije ni u jedne druge biljke. Ovo čudo od cvijeta mjeri u promjeru 1 metar, a nađen je prvi put još 1818. godine kod Pulo-Lebbasa, na rijeci Manni na otoku Sumatri, gdje kao nametnik živi na korijenju *Cissus*-vrstâ. Na otoku Javi raste *Rafflesia Patma* sa cvijetom $^1/_3$ metra širokim (Slika 93.). Jedna zastupnica te porodice živi i u krajevima oko Sredozemnoga mora, a i u nas u Dalmaciji; to je ozorina ili hipocist *(Cytinus hypocistus)*, koji

raste na korijenu cistaca *(Cistaceae)*, te je i oblikom i veličinom vrlo neznatan prema svojim tropskim drugovima.

Te nametnice, koliko ih god ima, ne mogu živjeti bez svojih hraniteljica; život je njihov tijesno vezan uza život hraniteljica im, te bismo gotovo mogli reći, da je tu životna zajednica. No ona znade biti opasna i hraniteljici, jer preotme li nametnica maha, znade hraniteljicu i uništiti, ali time i svoj vlastiti život.

Mesožđere (karnivorne) biljke *(Carnivora)*. U potrazi za hranom biljno je carstvo razvilo osobitih načina pribavljanja te hrane, pa nam stoga pojav, da biljke mogu i životinjsko tijelo uzimati za hranu, nije nimalo na čudo. Ima i u biljnom svijetu mesožđerih stvorova, koji ne samo da mogu životinjsku hranu primati nego imaju i kojekakih osobitih uredaba i prilagodbi, koje služe hvatanju i lovu tih životinja. Pošto od životinja poglavito kukci *(Insecta)* služe tim biljkama za lovinu, to ih zovemo još i kukcožđernim (insektivornim) biljkama.

Slika 93. *Rafflesia Patma*. Po Kerneru

Sve su kukcožđerne biljke zelene dakle autotrofne, jer mogu asimilirati, pa nam se u prvi mah čini čudnim, da se te biljke bave uz to i lovom. Mnogi zato i drže te uredbe za hvatanje kukaca „luksusnim prilagodbama". No uočimo li činjenicu, da kukcožđerne biljke rastu ponajviše na tlu, koje je oskudno mineralnim tvarima, a poglavito nitratima to nam bude razumljivijim pitanje, što li je dovelo te biljke do toga osobitog načina hranidbe; po svoj prilici nestašica dušika.

Mesožđernih biljaka poznajemo danas već vrlo veliki broj, oko 500 vrsta, koje sve pripadaju tek nekolikim biljnim porodicama. To su po Negeru ove:

Porodica *Lentibulariaceae:*

Rod *Pinguicula*, s nešto 30 vrsta, u Sjevernom umjerenom pojasu Staroga i Novoga Svijeta; poglavito na močvarnu i cretnu tlu.

Rod *Byblis*, 2 vrste u tropskoj i umjerenoj Australiji.

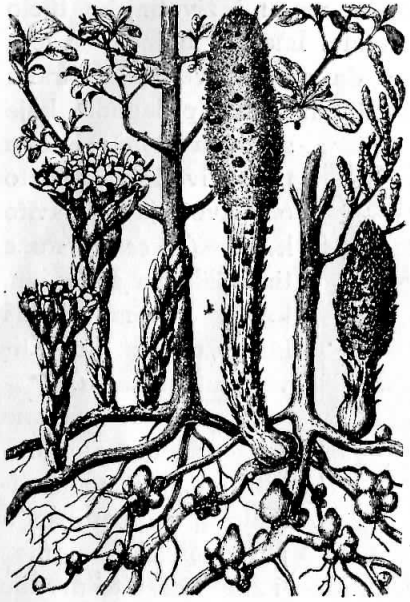
Rod *Utricularia*, 250 vrsta, rasprostranjen je po cijeloj zemlji izuzevši polarne krajeve; rastu ponajviše u vodi.

Rod *Polypompholix*, 2 vrste u južno-zapadnoj Australiji.

Rod *Genlisea*, 10 vrsta u tropskoj Americi, a 1 vrsta u tropskoj i južnoj Africi.

Porodica *Sarraceniaceae:*

Rod *Sarracenia*, 6 vrsta u sjevernoj Americi, u močvarnim cretovima.



Slika 94. Ozorina *(Cytinus hypocistis)* lijevo; malteška gljiva *(Cynomorium coccineum)* desno. Po Kerneru.

Rod *Darlingtonia*, 1 vrsta u Kaliforniji.

Rod *Heliamphora*, 1 vrsta u Venezueli i Guayani.

Porodica *Cephalotaceae:*

Rod *Cephalotus*, 1 vrsta u močvarama australijskim.

Porodica *Nepenthaceae:*

Rod *Nepenthes*, oko 40 vrsta na indomalajskom otočju, na Seychelima i na Madagaskaru.

Porodica *Droseraceae:*

Rod *Drosera*, sa preko 100 vrsta rasprostranjenih po cijeloj zemlji izuzevši arktičke krajeve.

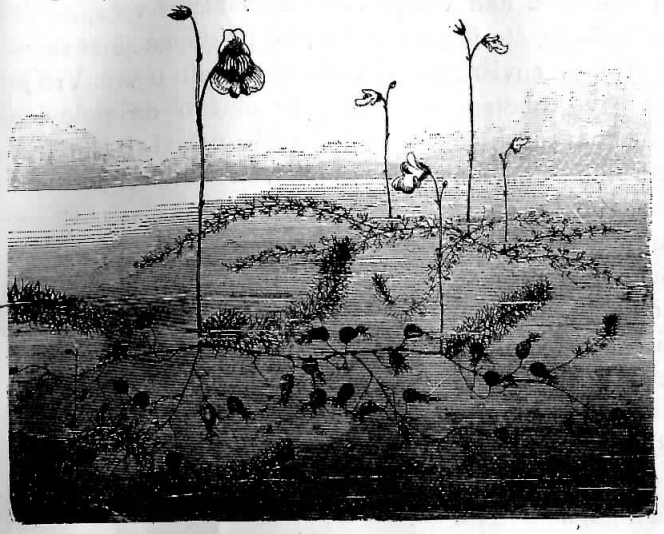
Rod *Drosophyllum*, 1 vrsta u Portugalu i u Maroku.

Rod *Dionaea*, 1 vrsta u Karolini (Sjevernoj Americi).

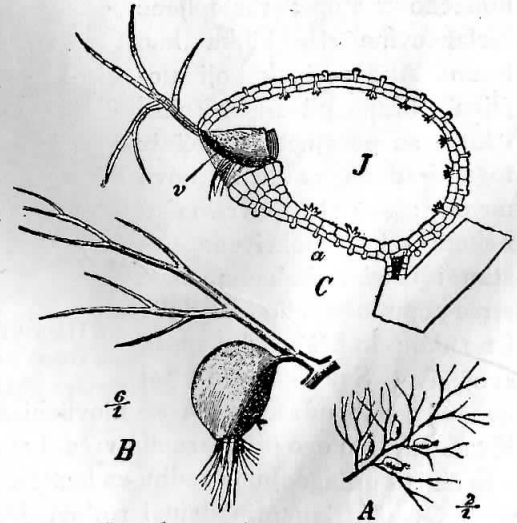
Rod *Aldrovandia*, 1 vrsta u Evropi.

Uredbe, koje služe za hvatanje kukaca, udešene su vrlo različno: to su ili udezbe poput „vučjih jama", ili su „stupice" poput gvožđa, ili su pak udešene kao „lijepak", uz koji su razvijene posebne „lovke". Ovdje ćemo upoznati nekoliko glavnih predstavnica tih mesožderaka, koji nam daju ujedno i glavne tipove prilagodaba za hvatanje kukaca.

Utricularia vulgaris (Slika 95.) ima stabljiku, koja se u vodi razgranjuje poput kakove alge. Na tankim ograncima stabljike nalaze se maleni mjehurići, koji imaju na jednoj strani maleni otvor, obložen dlakama, koje djelomice strše prema unutarnjosti mjehurića (Sl. 96.). Taj je otvor građen poput stupice, jer kada mali kakav vodeni račić ili kakova druga životinjica uđe u mjehurić, ne može više da izađe iz stupice napolje, jer mu priječe one dlake. Unutarnja površina mjehurića obložena je žljezdastim dlačicama, koje izlučuju encimske sokove, a oni djeluju rastvorno poput želučanoga soka. Pretražimo li više mjehurića te biljke, naći ćemo u njima ostanaka životinjica, koje su u utrobi toga mjehurastoga „želuca" probavljene.



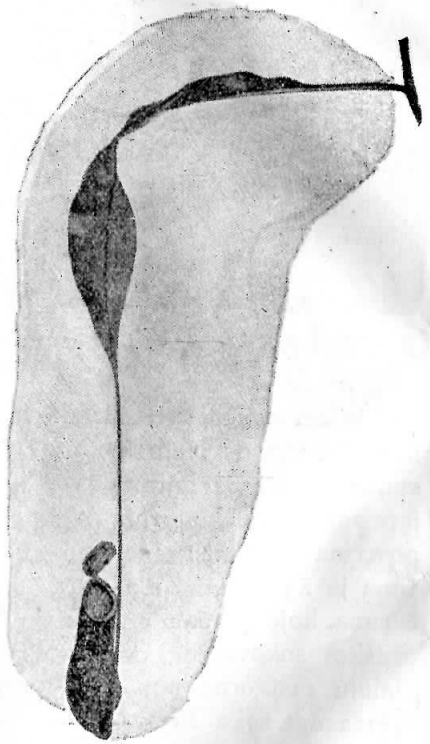
Slika 95. *Utricularia Grafiana* naprijed, *Utricularia minor*, straga. Po Kerneru.



Sl. 96 *Utricularia vulgaris*, *A* dio lista, *B* uvećan mjehurić, *C* uvećani mjehurić u prerezu.

Nepenthes, (Slika 97.) ima plojku lista razvijenu

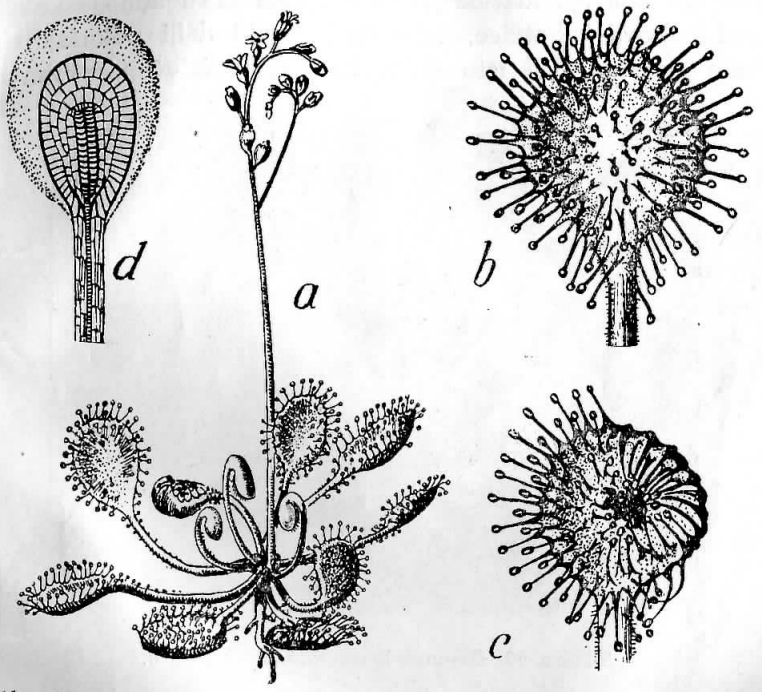
u obliku vrča ili lule, nad kojim stoji nepomičan poklopac. Peteljka lista razvila se poput plojke u organ za asimilaciju. Obično se misli, da onaj poklopac nad vrčem služi zatvaranju vrča, no da tomu nije tako, kaže to, što je nepomičan; taj poklopac služi samo kao krov, koji štiti, da suvišni prah i voda ne padaju u vrč. Vrč je vani ponajviše živo obojen, a unutra je obično do polovice napunjen tekućinom, u kojoj se osim vode nalazi i izlučina, što je izlučuju žlijezde, kojima je pokriven unutarnji donji dio vrča. Dokazano je, da te žlijezde izlučuju fermenat, koji svojim djelovanjem pripada skupu proteolitskih encima, koji mogu rastvarati bjelančevine, i k tomu još jednu organsku kiselinu. Gornja polovica unutarnjeg dijela toga vrča prekrivena je vrlo glatkom epidermom, na kojoj se kao na vrlo glatkim parketima kukčić oklizne i padne u bezdan, u kojem se utopi, a tijelo mu se konačno rastopi; rastopljene bjelančevine siše biljka kao hranu. Ako se ipak koji utopljenik brzim plivanjem spase i kuša se po stijeni izvući iz toga bezdena, naiđe na novu nevolju: sva je površina u nekom pojasu pokrivena gustim i oštrim dlakama, koje strše poput oštrih bodeža dolje i ne daju kukčiću, da spase svoj život. Sve je dakle u toj „vučjoj jami" udešeno, da se ulovljeni nesretnik ne može oteti. K tomu svemu evo još i šarenila vrča, koje služi vabilom za kukce, a to čini tu prilagodbu i uredbu za hvatanje kukaca još savršenijom.



Slika 97. List od nepente *(Nepenthes)* s vrčem za lovljenje kukaca. Po Negeru.

Ovome tipu pripadaju i rodovi *Darlingtonia, Heliamphora* i *Cephalotus,* premda nijesu tako savršeni kao *Nepenthes.*

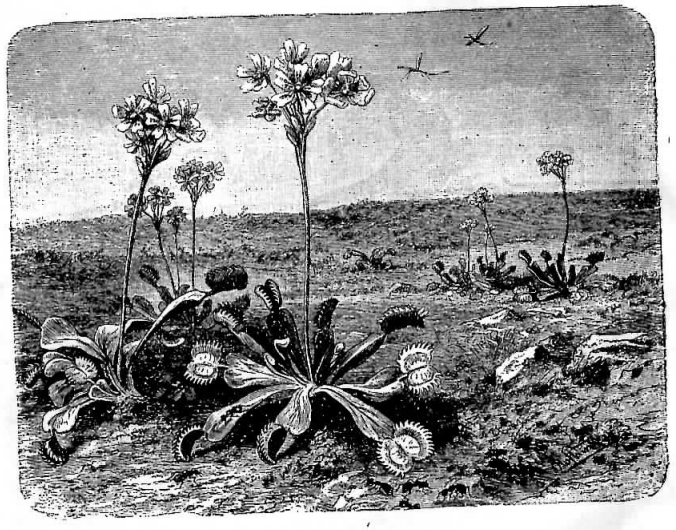
Drosera rotundifolia tipska je stanovnica pravih cretova, gdje raste u društvu mahova tresetnjaka *(Sphagnum).* U nas ima malo takovih cretova, te je i *Drosera* rijetka bilina hrvatske flore. Našao ju je prvi u okolici varaždinskoj prvak naše flore Šloser, a spominje se stanište kod Sv. Križa-Začretja i jedno mjesto u Gorskom kotaru. Nedavno je ova mesožderka nađena i u najbližoj okolini Topuskoga (Pevalek). Poznata je i sa cretova ili tresava Srbije, a naročito sa znamenite tresave Vlasine



Slika 98. *Drosera rotundifolia. a* cijela biljka u cvijetu, *b* otvorena lovka, *c* lovka sa sa ulovljenim kukcem, *d* žlijezdasta dlaka jače uvećana.

(Košanin). U Sloveniji je sa Ljubljanskog barja poznata osim ove vrste i njena srodnica *Drosera intermedia.* Nijemac je dao toj biljci osobito lijepo ime „Sonnentau" („sunčana rosa"), jer joj se lišće doista vidi kao da je rosom prekrito, te bi je i mi mogli zvati „rosika muholovka". Rosika ima lišće prizemno sastavljeno u ružicu, a svaki je list za sebe organ za hvatanje i proždiranje kukaca (Slika 98.). Na dugoj peteljci ima okrugla plojka, koja

je sva prekrita gibljivim dlačicama. One imaju glavice poput bačenaka, koje vrše funkciju žlijezda te izlučuju prozirnu i ljepivu tekućinu, pa ona na suncu sja poput kaplje rose. Malene mušice i kukčići, koji slučajem ili privabljeni kapljom rose nalete na te crvene listiće, na onu se ljepljivu tvar prilijepe. Životinjica kuša, da se bilo kako izbavi od toga ljepila, ali tada istom dođe u još gore zlo: od trganja i gibanja mušice podraže se sve dlačice i stanu se prigibati prema kukčiću. Za deset minuta već su se sve obližnje dlačice privinule i stisnule su jadnoga kukčića poput trakova hobotnice, tako da je svaki dalji pokušaj izbavljenja nemoguć. U isto doba te dlačice izlučuju probavnih

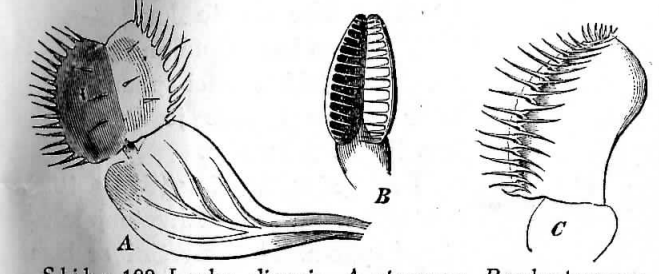


Slika 99. *Dionaea muscipula.* Po Kerneru.

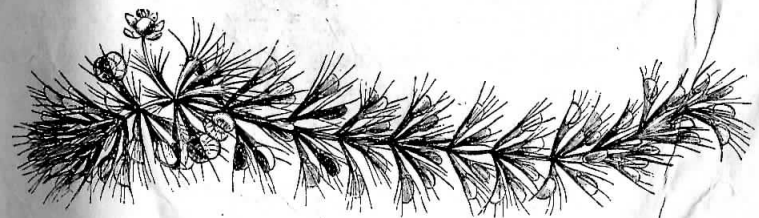
sokova (proteolitski fermenat i jednu kiselinu), koji rastvore tijelo kukčića, a rastvorene tvari upije biljka. Dlačice ostanu svinute nad kukčićem sve dotle, dok ga potpuno ne isišu, pa preostanu samo neprobavljivi dijelovi. Te su dlačice ili tentakule neobično osjetljive na dodir: već utez od 0.000822 miligrama djelovao je na dlačicu kao podražaj. Rosiku možemo i umjetno hraniti sitnim komadićima mesa ili bjelanjka. — Ovaj način hranidbe nije za rosiku luksus, jer ima vrlo malo hlorofila, a osim toga raste i na tresetištu, koje je oskudno rudnim

tvarima. Rod *Drosera* broji preko 50 vrsta, koje se oblikom lovaka bitno razlikuju, a ima ih po cijeloj zemlji.

Dionaea muscipula (Slika 99.) muholovka je posve drugoga tipa, koja raste u cretovima sjeverne Amerike. Peteljka lišća, koje je kao i kod rosike složeno u prizemnu ružicu, duga je i razvita poput plojke, a prava je plojka razdijeljena na dvije simetrične polovice, kako nam to najbolje pokazuje slika 100. Na rubovima plojke nalaze se oštri zupci; obje polovice mogu se naime sklopiti kao listovi knjige, a pri tom se zupci naizmjence zahvate. Sklapaju se ovako: na svakoj polovici tih zaklopaka nalaze se po tri čvrste dlake, za koje je dokazano da su vrlo osjetljive; čim naime kakav kukčić doleti na plojku, dotakne se nehotice tih dlaka, a na ovaj dodir u isti se mah zaklopci naglo sklope uhvativši svoj plijen; površina zaklopaca stane sada izlučivati probavne sokove, koji kukčića, što bismo rekli, „do kosti izjedu". To probavljanje traje i 1—2 tjedna, a dotle ostanu i zaklopci zatvoreni. Na to se plojka opet otvori i čeka na nov plijen. To se ponavlja tek koji put, jer se snaga lista doskora iscrpe i list ugine.



Slika 100. Lovke dioneje. *A* otvorene, *B* poluotvorene, *C* zatvorene (Warming-Johannsen).

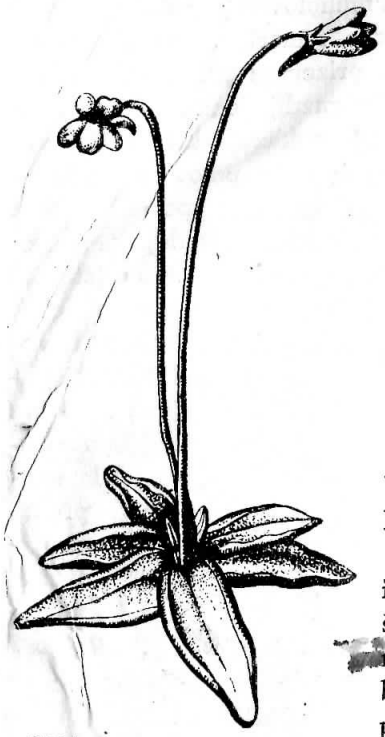


Slika 101. *Aldrovandia vesiculosa.* Po Kerneru.

Aldrovandia vesiculosa živi u vodi, a osobito u barama; u nas ju je našao prof. Gjurašin u Obedskoj bari u Slavoniji.[1]

[1] Gjurašin Stj.: *Aldrovandia vesiculosa* pripadnica hrvatske flore. Nastavni Vjesnik 1913.

Aldrovandia je vrlo nježna biljka s lovkama tipa sličnoga kao i *Dionaea*. Lišće je složeno u pršljenima, a na njemu se nalaze zaklopci kao i u dioneje. Na zaklopcima u unutarnjoj se strani nalaze osjetljive dlake i probavne žlijezde. Budući da živi u vodi, to su joj žrtve ponajviše mali račići *(Daphnia, Cyclops, Cypris)*.



Slika 102. *Pinguicula alpina* Po Kerneru.

Drosophyllum lusitanicum jest tip hvatanja kukaca ljepilom; cijela površina trakastih listova prekrita je dlačicama, koje izlučuju osobito ljepilo kao bistre kapljice. Mušice i kukčići lete na te kapljice kao ludi, ali čim ih se dotaknu, prilijepe se. Portugiski seljaci poznaju tu biljku dobro i drže je u kućama kao ljepilo za muhe.

I *Pinguicula alpina* (Slika 102.) ima sličan aparat za hvatanje mušica ljepilom. Na površini se lista nalaze glavičaste dlačice u većem broju, od kojih jedne izlučuju ljepilo, a druge i manje žlijezde služe za rastvaranje životinjica. List se na rubu može malo smotati te uhvatiti i većih kukčića. I ova mesožderka raste na više mjesta u visinskim krajevima naše domovine.

IV. Život i građa vegetativnih organa nižega bilja.

Već smo češće imali prilike čuti, što li su to „niže" biljke. To su sve one biljke, koje nemaju ni lišća ni stabljike a ni korijena, a tijelo im je građeno od jednostavne steljke ili talusa. Zato ih i zovemo steljnjače *(Thallophyta)*. Možemo ih u prvi mah razdijeliti na dva skupa, koji se oblikom i životom bitno razlikuju među sobom; to su alge ili resine i gljive. Alge su zeleni, dakle autotrofni organizmi, a gljive su heterotrofni, koji žive poput nametnika (parasita) ili poput saprofita. U pogledu srodnosti i podrijetla steljnjača ne možemo ostaviti ovu razdiobu na alge i gljive, pa čista nauka i ne pozna danas više onih dvaju skupova, nego ima više zasebnih rodbinskih plemena ili stabala. Tako botanik Wettstein razlikuje u svemu 6 plemena steljnjača, a sedmo pleme obaseže sve više biljke. Ta plemena ili stabla ova su: 1. *Myxophyta* (sluznjače), 2. *Schizophyta* (cjeputci), 3. *Zygophyta* (jarmaši), 4. *Euthallophyta* (prave steljnače, zelene alge i gljive), 5. *Phaeophyta* (smeđe alge), 6. *Rhodophyta* (crvene alge) i 7. *Cormophyta* (Stablašice), a ovo posljednje pleme dijeli se na *Bryophyta* (mahovi), *Pteridophyta* (paprati) i *Anthophyta* (cvjetnjače). Prof. Engler, današnji prvak u biljnoj sistematici, razlikuje pače 12 takovih zasebnih plemena.

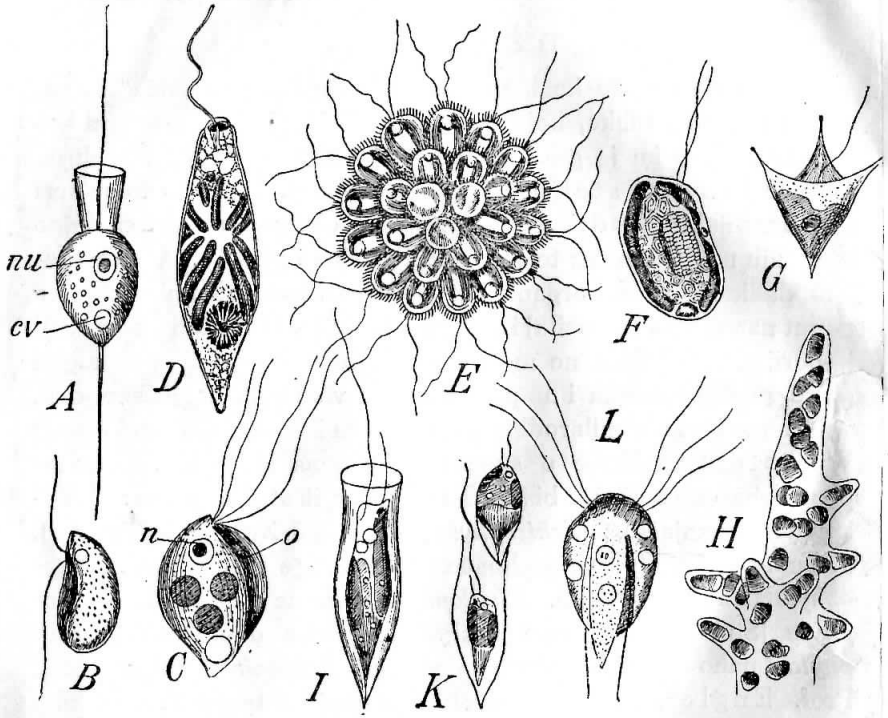
Mi se dakako ne možemo ovdje držati toga rodoslovnoga sustava, jer nas zanima u prvom redu samo život tih plemena, a s obzirom na životne prilike najbolje je, da ostanemo pri starom načinu razlikovanja steljnača na alge i gljive. No uza sve to je potrebno, da prije svega upoznamo građu najznatnijih tipova.

16. Glavni tipovi alaga, njihova građa i život.

I. Flagelati (Flagellata).

Flagelati su jednostanični organizmi, građeni od gole, obično produžene stanice, koja je odjevena tek vrlo tankom protopla-

zmatskom kožicom (pelikulom). Obično su produžena oblika, koji se lako mijenja, a upravo su značajni time, da na jednoj strani imaju dug i tanak nastavak poput biča. Taj nastavak služi kao organ za gibanje; zove se „flagellum", a po njemu ima i cijelo pleme svoje ime. Na kraju, upravo pod bičem, u stanici se flagelatâ nalazi jezgra, a u ostalom dijelu stanice ima po



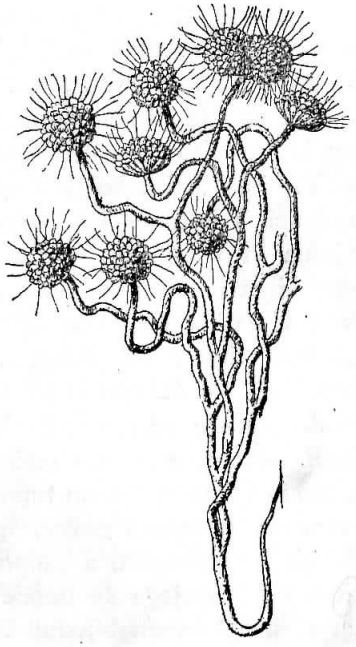
Slika 103. Flagelati: *A Sphaereca Volvox*, jedna stanica iz kolonije; *B Bodo edax; C Tetramitus sulcatus; D Euglena viridis; E Synura uvella; F Cryptomonas erosa; G* i *H Hydrurus foetidus; I, K Dinobryon Sertularia; L Hexamitus crassus.* (Po Warmingu.)[1]

jedna ili više vakuola i hromatofori kao nosioci zelenoga ili žutoga mastila. *Euglenae* su primjerice zelene, dok su naprotiv *Chrysomonadinae* žute kao zlato. Ta mastila čine bilinske flagelate značajnima; ali ima i takovih, koji su bez boje, a tada ih

[1] T. j. iz djela: Warming-Möbius: Handbuch der systematischen Botanik. III. Auflage. Verlag Borntraeger, Berlin, 1911.

možemo tako isto označiti životinjama. Stoga još i danas nalazimo ovaj skup jednostaničnih organizama u svakoj biljnoj i životinjskoj sistematici. S jednom riječju: flagelati se nalaze na granici između bilinskoga i životinjskog carstva, a većina današnjih biologa drži ih za najjednostavnije tipove, od kojih izvode cijelo biljno i životinjsko carstvo.

Kao najobičniji tip biljnoga flagelata spominjem vrlo običnu zelenu euglenu *(Euglena viridis)*, (Slika 103. D), koju ćemo uvijek vrlo lako naći blizu kućišta i stana u mlakama i jarcima, u koje se slijeva prljava voda i gnojnica. Takove su mlake obično zelene, a to potječe od silnoga mnoštva tih euglena. Euglene su vitka, produžena i gibljiva tijela s vrlo dugim bičem i s jednim ili više hloroplasta. Euglena se svojim bičem vrlo brzo giblje i pri tome kruži njime kao da nešto pipa i traži. Hrani se kao i svaka autotrofna zelena biljka. Euglenu kao i mnoge druge flagelate odlikuje i to, da imaju pokraj jezgre osobitu crvenu pjegu, za koju mnogi drže da služi za vidni organ. Nastanu li nepovoljne prilike, stisne se euglena u kuglicu i omota debelom kožicom, pretvorivši se tako u trajnu cistu, koja može čak i bez vode na suhu živjeti latentnim životom. Slične građe kao euglena je i *Phacus*, vrlo običan flagelat u našim barama i vodama stajaćicama; on je obično puno širi, a ima zašiljen zadak.

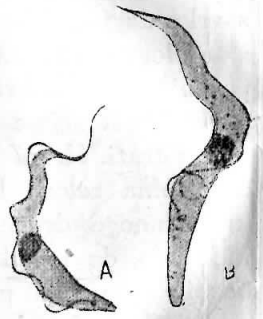


Slika 104. *Anthophysa vegetans* (Po Pascheru).

Flagelata poznajemo danas već nebrojeno mnogo oblika, koji se među sobom i oblikom i načinom života razlikuju. Žive u svakoj vodi: u mlaci, bari, jezeru i u moru, a vrijedno je, da napose spomenem nekoliko životom zanimljivih oblika.

U hladnoj vodi alpinskih brzica redovno živi jedan takov flagelat, koji u prvi mah ne bi nitko držao flagelatom, nego višom algom roda smeđih alaga, jer ima razgranjen nitasti oblik kao kakova feoficeja *(Phaeophyceae)*. To je *Hydrurus foetidus* (Slika 103 H), koji živi u sluzavoj tvari čineći pravu koloniju.[1] A samo se u takovoj sluzi i može održati, jer bi ga inače voda brzica odnijela u dolinu. Ima više rodova i vrsta među flagelatima, koji stvaraju slične oblike na želatinoznim dršcima. Takova je n. pr. *Anthophysa vegetans* (Slika 104.). koja ima „željezne drške", t. j. ovi se inkrustiraju željezom.

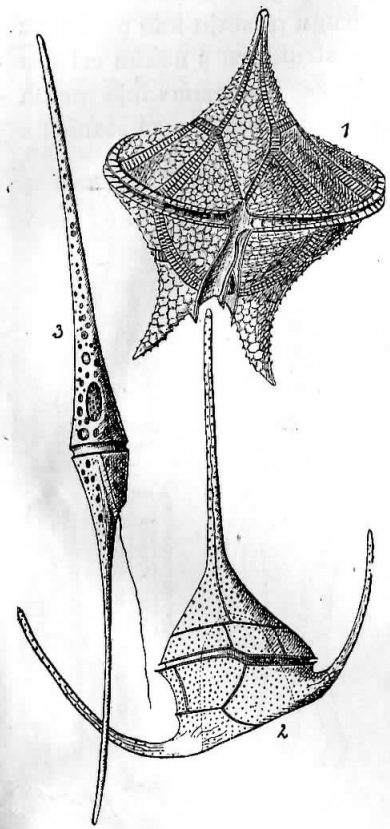
Mnogi flagelati vole osobito prljavu vodu kao i naša obična euglena. U takovoj vodi ima dosta rastopljene organske hrane, tako da i hlorofilni aparat postaje konačno suvišan, pa zato mnogi flagelati i nemaju hromatofora. Od autotrofnih organizama postali su tako heterotrofni saprofiti, a među ovima ima ih i takovih, koji su postali nametnici, a k tome još i čovjeku i životinjama vrlo opasni. Među ovima je najopasniji rod *Trypanosoma*, koji u tropskim krajevima stvaraju vrlo opasnu tako zvanu „drijemavicu". Ta strašna bolest bijesni osobito u Africi (Senegal i Kongo), gdje svake godine od nje pogibaju tisuće i tisuće ljudi. Bolest se obično počne glavoboljom, a nastavlja se općenom tupoćom bolesnika; on konačno izgubi govor, spopada ga opća drhtavica i slaboća, a najposlije ga svlada tvrd san od šest tjedana, iz kojega se uopće više i ne probudi. Liječnici su našli da u krvi takovih bijednika živi flagelat, koji je na oba kraja utanjen, a bič mu je prirastao tijelu; nazvali su ga *Trypanosoma gambiense*. Danas pače znamo, da tu bolest, ili bolje: flagelata prenosi od čovjeka na čovjeka tse-tse-muha *(Glossina palpalis)*. Sličnu bolest na konjima i antilopama čini vrsta *Trypanosoma brucei*, koju također prenose muhe. U Africi, a napose u Egiptu, poznatu bolest čovječju, tako zvanu kala-azar, koja doduše nije tako opasna, stvara također jedan srodnik toga strašnoga roda,



Sl. 105. *Trypanosoma gambiense* (Po Minchinu).

[1] Našao sam ga godine 1917. u rijeci Lici kod Gospića, a dr. Pevalek našao ga je kasnije u Plitvičkim jezerima.

imenom *Leishmania donovani*. I u nas u vlažnim krajevima poznata groznica malarija ima za uzročnika flagelata, koji pripada rodu plazmodija *(Plasmodiidae)*, a zovu ga *Plasmodium malariae;* i njega prenosi jedna vrsta komaraca, zvana *Anopheles*.



Slika 106. Planktonske peridineje, *1 Peridinium; 2 Ceratium tripos; 3 Ceratium fusus.* (Warming).

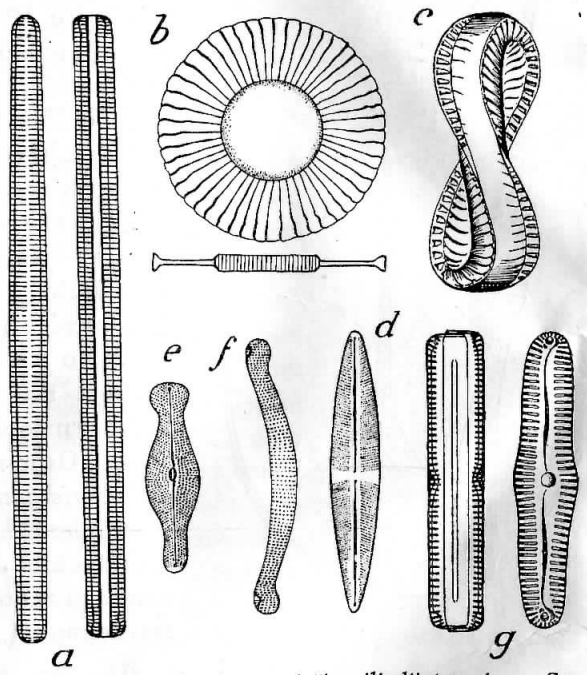
Najveće mnoštvo flagelata živi svakako u moru. Te su *Dinoflagelata*, koje zovu obično peridinije *(Peridineae)*. To se peridinije odlikuju osobito time, što imaju oklop od celuloze osobitoga oblika i strukture, a osim toga imaju žutkastih hromatofora obojenih peridininom, karotinom a i hlorofilom. Gibaju se obično sa dva biča, od kojih jedan služi kao veslo, a drugi kao kormilo. Najobičniji i najveći rod, koji živi ne samo u morima, nego i u jezerima, rod je *Ceratium*, a od njega je najobičnija vrsta *Ceratium tripos*. Osim njega vrlo je običan rod *Peridinium*, od kojega vrsta *Peridinium divergens* živi silnim mnoštvom u Jadranskom moru i stvara poznato svjetlucanje ili fosforesciranje („arduranje") mora.[1]

U moru žive i najmanji flagelati, što ih uopće poznajemo, tako zvani kremeni flagelati *(Silicoflagellata)*, koje su istraživači našli u novije doba. Zanimljivi su ti flagelati i time što imaju čvrste oklope; tako rod *Distephanus* ima kremeni oklop, a rod *Syracosphaera* vapneni.

[1] Isporedi: Babić K.. Biologijski i bionomički odnosi u Jadranskome moru, p. 109. „Arduranje", od talijanske riječi „ardore", plamen. Znanstvena knjižnica za opću naobrazbu, knj. 5., 1911.; izdala Jugoslav. akademija.

2. Kremenjašice ili diatomeje *(Diatomeae)*.

Tijelo ovih jednostaničnih alaga oklopljeno je, kako to i ime njihovo kaže, u kremeni oklop. Taj je oklop građen od dviju polovica, hipoteke i epiteke, koje jedna u drugu pristaju kao poklopac na kutiju. Taj oklop pokazuje osobitu strukturu s nekim crtama (rafa i pseudorafa) i zarezima, koja je za raspoznavanje nekih vrstâ upravo vrlo znatna. U tom se oklopu nalazi sama stanica s plazmom i jezgrom i s osobito građenim žutim hromatoforima. Žutilo potječe od žutoga mastila t. zv. „feofila" (phaeophyll), koji je srodan hlorofilu. Kremenjašice su prema tome autotrofni organizmi, koji mogu sami asimilirati, a produkat te asimilacije nije, kao kod višega bilja, škrob ili slador, nego neko ulje ili mast, koja se izlučuje kapljicama.



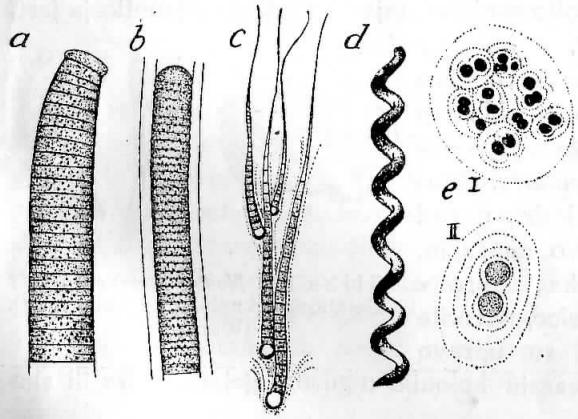
Slika 107. Alge kremenjašice ili dijatomeje. *a Synedra superba, b Planktoniella Sol, c Surirella spiralis, d Navicula Phoenocentron, e Gomphonema geminatum, f Eunotia major, g Navicula viridis.*

Broj do danas poznatih kremenjašica upravo je golem, tako da je za raspoznavanje vrsta potreban upravo specijalan studij. Najobičniji rodovi su *Navicula* i *Nitschia*. Uzmemo li malo mulja s dna potočića ili bare, lako nađemo pod mikroskopom koju „lađicu" (navicula); vidjet ćemo pače, da se ta lađica može gibati: u kaplji vode vidimo pod mikroskopom, gdje upravo mirno i polagano plovi kao lađa na moru, ali najednoć stane i ne

okrenuvši se zaplovi istim smjerom natrag. To je gibanje tako tajanstveno i neopaženo, te pri tome ne vidimo ništa, po čemu bismo mogli razabrati, kako to gibanje zaista biva. Mnogi drže, da to gibanje biva nekom sluzi, koju stanice izlučuju.

Kremenjašice žive svagdje. Ima ih u svakoj vodi, jezeru, rijeci, potoku i mlaci, gdje plivaju na površini ili pak na dnu čineći ondje žutkaste i sluzave prevlake, ili opet vrlo rado puzaju na lišću i stabljikama vodenoga bilja. Ima ih na vlažnoj zemlji, a ima ih i u moru, gdje su zajedno s peridinijama najznatniji biljni stanovnici.

Pred nešto pedeset godina bijaše među botanicima upravo moda baviti se sustavnim opisivanjem tih zanimljivih oblika; nekoji postaše upravo glasoviti tim istraživanjima, n. pr. Kützing, Rabenhorst, Englez Smith, Belgijanac van Heurck i Austrijanac Grunow. Opisujući i raspoznavajući vrste gleda se na položaj tako zvane „rafe", t. j. one crte ili pukotine, koja nastaje uzduž sredine poklopaca; gleda se na strukturu oklopa: broje se zarezi na oklopu i motri svaka i najmanja crtica. U tome se ide svakako predaleko, osobito u današnje doba biologije, koja je pokazala, da organizmi u raznim prilikama lako varijiraju. U novije se doba čini, da je ta pretjeranost opisivanja novih oblika znatno popustila.

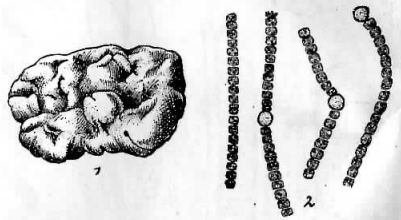


Slika 108. Alge cijepalice ili cijanoficeje. *a Oscillatoria princeps* (300×), *b Lyngbya aestuarii* (575×), *c Rivularia bullata* (200×), *d Spirulina major* (1000×), *e Gloeocapsa sanguinea* (575×I.).

3. Modrozelene alge cijepalice ili cijanoficeje.

Kad nakon suše prva kiša pane na putove i staze, napune se kolotečine i jarci vodom, a već za dan dva zazelene se te lokvice. Dno im je obično prekriveno modrikasto-zelenom prevlakom.

Istražimo li tu zelenu prevlaku pod mikroskopom, nađemo, da su to tanke nitaste alge, koje pripadaju plemenu alaga cijepalica ili cijanoficeja *(Cyanophyceae* ili *Phycochromaceae)*. Te nitaste alge građene su vrlo jednostavno: niti su im od produženih, kraćih ili dužih stanica, koje su se naslagale jedna do druge čineći tako nit. U tim stanicama vidimo samo zelenu sadržinu, a u njoj katkada mala sitna zrnca. Zelena boja potječe od hlorofila, koji je miješan modrozelenim mastilom fikocijanom *(phykocyan)*, a za nj se zna da je bjelankasta podrijetla. Kako smo već doznali u poglavlju I., cijanoficeje nemaju prave jezgre, nego samo neko centralno tjelešce. Stanica cijanoficeja je prema tome vrlo jednostavna, a ima ih i takovih, koje se sastoje od jedne jedine stanice; to su ponajviše iz porodice *Chroococcacea*. Osobito svojstvo najvećega dijela cijanoficeja jest, da produciraju sluz, u koju se umotaju. Nekoji rodovi upravo su značajni s takovih sluzavih tokova, n. pr. *Lyngbya, Hypheothrix, Symploca, Rivularia, Petalonema, Scytonema* i dr., a rod je *Oscillatoria* upravo značajan, što nema takova toka; naprotiv su neke, n. pr. *Nostoc*, stvorile toliko galerte, da su upravo kugle. Većina ih stvaraju kolonije u gustim gelatinoznim ili sluzavim krpama.



Slika 109. *Nostoc verrucosum. 1* Gelatinska kugla, *2* pojedine niti. (Warming).

Neki se rodovi odlikuju time, što među običnim vegetativnim stanicama stvaraju još i nešto veće, obično prividno prazne stanice međašice ili heterociste, kojih je funkcija do danas nepoznata.

Cijanoficeje, koje nijesu odjenute tokom, niti su uklopljene u sluz, n. pr. *Oscillatoria*, mogu se gibati, i to tako, da se vrh niti pomiče kao u spirali i kruži naprijed, a time se pomiče i cijela nit. Mehanizam toga osobitog gibanja nije pobliže poznat.

4. Zelene alge.

Tome skupu alaga pripadaju preraznoliki tipovi, koji imaju zajedničku znamenku tu, da su svi zeleni, a to potječe od hlorofila. Ima među njima jednostaničnih i nitastih tipova, a i takovih,

koji imaju oblik poput više biljke s lišćem, stabljikom i korijenom. Rodoslovlje tih alaga uči nas, da pripadaju raznim plemenima, od kojih svako ima po više porodica. Oltmanns, profesor botanike sveučilišta u Freiburgu i ujedno jedan od najboljih poznavalaca biologije alaga, postavio je ovaj sustav tih alaga:

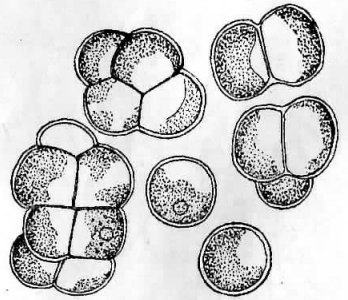
I. pleme: *Zygophyceae,*
- a) *Conjugatae*
- b) *Bacillariaceae*

II. pleme: *Chlorophyceae*
- a) *Volvocales*
- b) *Protococcales*
- c) *Ulotrichales*
- d) *Siphonocladiales*
- e) *Siphonales,*
- f) *Charales.*

III. pleme: *Heterocontae.*

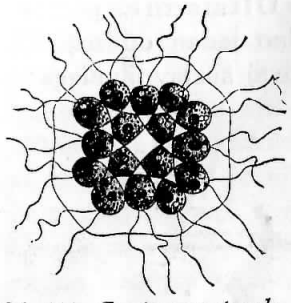
U tom sustavu nalazimo i porodicu Baccillariaceae, a to su kremenjašice, koje smo upoznali kao žute alge a ne zelene, a u porodici *Volvocales* ima i flagelata; tomu je razlog u rodoslovlju, no nije naša zadaća, da to ovdje obrazlažemo. Ovdje ćemo radije za razlikovanje pojedinih tipova uzeti podlogom životne oblike, od kojih možemo napomenuti u kratko jednostanične, nitaste, i lisnate alge. Prikazu će dostajati nekoliko znatnijih primjera.

Od jednostaničnih alaga spominjem kao najjednostavniji oblik „kišnu kuglicu" *(Pleurococcus vulgaris)*. (Slika 110). To je okrugla, tek nešto desetak mikrona velika alga od jedne stanice s jednim velikim hloroplastom, koji ispunjuje gotovo cijeli prostor stanice. Razmnaža se diobom, te je nalazimo često u ovakovim diobenim nakupinama. Ta alga živi obično u velikim mnoštvu na kori šumskoga drveća, i to osobito na onoj strani, koja je izložena vjetru i kiši, te podaje deblu onu zelenu boju, koja se i izdaleka vidi. Istoj porodici pripada i rod *Scenedesmus*, koji je značajan time, što su stanice na kraju zaoštrene te živu obično u kolonijama. Tu



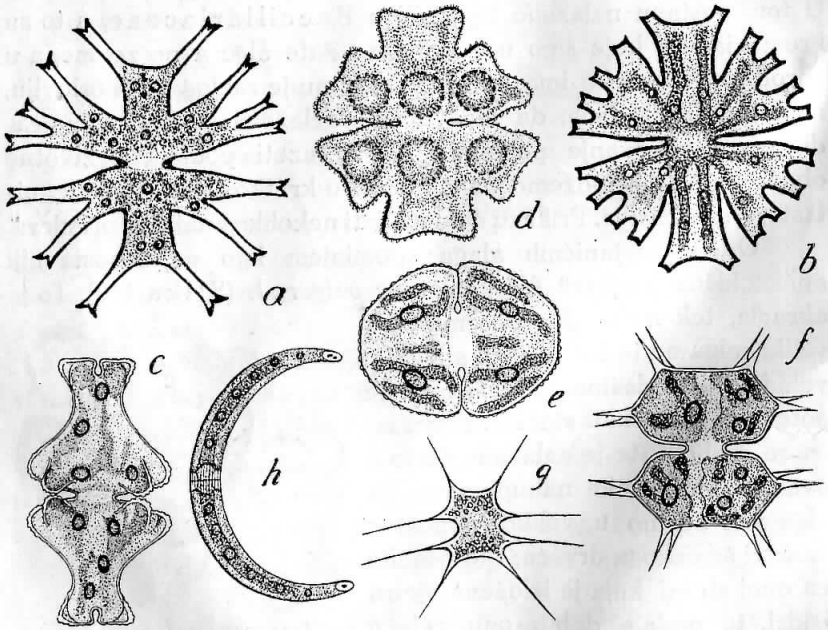
Sl. 110. *Pleurococcus vulgaris.*

algu možemo vrlo lako naći u vodama stajačicama. I u moru živi u silnom mnoštvu takova jednostanična alga; mogli bismo je nazvati „zelena morska kuglica" *(Halosphaera viridis).* Ta *Halosphaera* mjeri u promjeru tek $^1/_2$ milimetra, a posve je okrugla i ima više pločastih hloroplasta, a cijela je sredina ispunjena jednom velikom vakuolom.



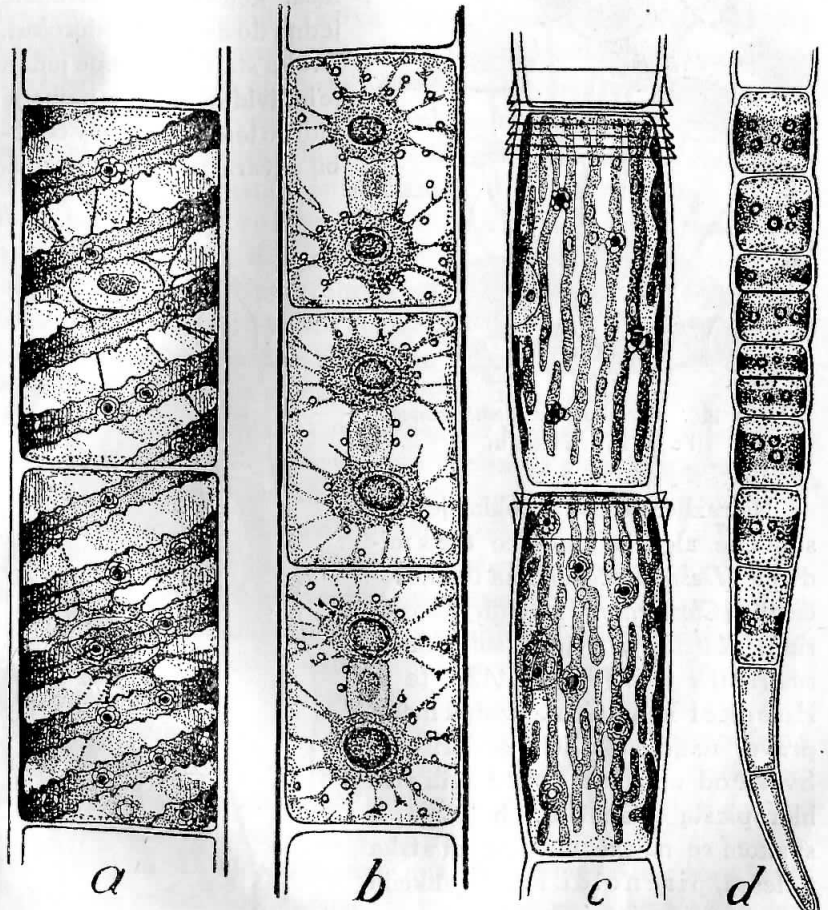
Sl. 111. *Gonium pectorale.* (Warming).

Takvi jednostanični oblici posve su slični flagelatima, te imaju jednu ili dvije cilije i udružuju se u osobite kolonije. Najobičnija takova alga zove se *Volvox,* po kojoj i cijela porodica nosi ime *Volvocaceae. Volvox* ima oblik pravilne kugle u promjeru od 1 milimetra, a sastoji se od 140—2000 individua. Svi ti individui među



Slika 112. Alge desmidije. *a Micrasterias radiata, b Micrasterias crux Melitensis, c Euastrum insigne, d Euastrum verrucosum var. allatum, e Cosmarium Botrytis, f Xanthidium antilopeum, g Arthrodesmus octocornis, h Closterium Cynthia.* (Po Westu).

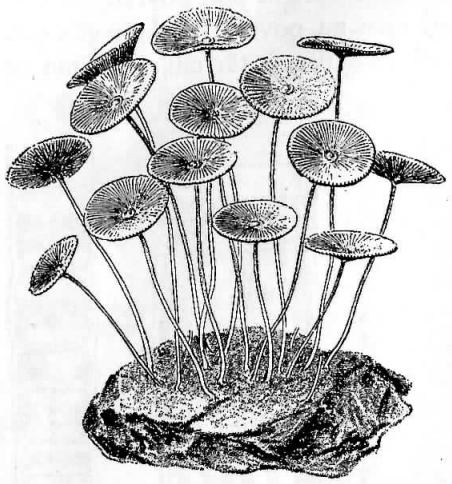
sobom spojeni su tankim nitima, a uloženi su u sluzavo-gelatinoznu tvar, koja je vani obavita membranom. Svaki individuum u toj koloniji, koja se nalazi upravo pod površinom, ima po dvije cilije ili dva biča, koji vire na površini i služe gibanju. Jedan takov *Volvox* može imati i na tisuće tih cilija, kojima se



Slika 113. Nitaste zelene slatkovodne alge. *a Spirogyra, b Zygnema, c Oedogonium, d Ulothrix.*

prema volji giblje i spušta. Volvoksu slične i srodne vrste su *Gonium* sa 4 do 16 (Slika 111.), *Pandorina* sa 16 i *Eudorina* sa 32 stanice.

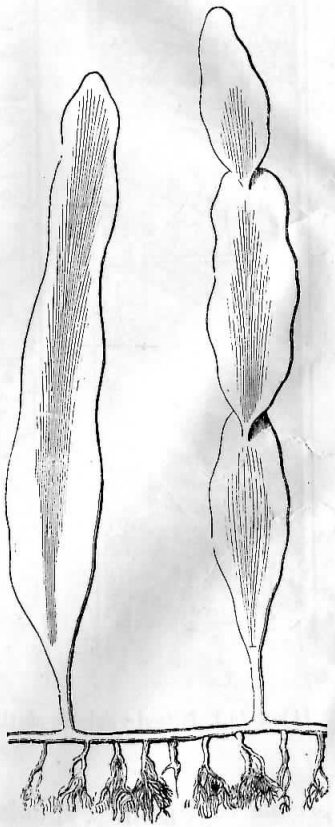
Takove kolonije zovu se cenobij *(coenobium)*. Takav je cenobij i zanimljiva alga „vodena mreža" *(Hydrodictyon reticulatum)*, jer ima oblik prave mreže. Pojedina okna te mreže građena su od produženih stanica, koje su se poređale jedna do druge u šesterokut. Svaka stanica za sebe jedan je individuum, a to se najbolje vidi po tome, što se nov cenobij stvara u jednoj stanici.



Slika 114. *Acetabularia mediterranea.* (Po Oltmannsu).

Najrazličitijega su oblika jednostanične alge iz porodice desmidija *(Desmidiaceae)*. Ima ih mjesečastih *(Closterium)*, iglastih *(Closterium Kützingi)*, zvjezdastih *(Staurastrum)* i t. d. (Slika 112.), te ih Haeckel ne uvršćuje uzalud među prave umjetničke oblike prirode. Svaka od njih ima po jedan ili više hloroplasta raznolika oblika, a u svakom se nalaze mala plazmatska tjelešca, pirenoidi. Pravu funkciju tih pirenoida još i danas ne znamo stalno, tek nam je toliko poznato, da su to „žarišta" asimilacije, jer se u njima ili oko njih taloži škrob.

Desmidije žive svagdje u barama, mlakama i osobito u vodama



Slika 115. *Caulerpa prolifera.* (Warming).

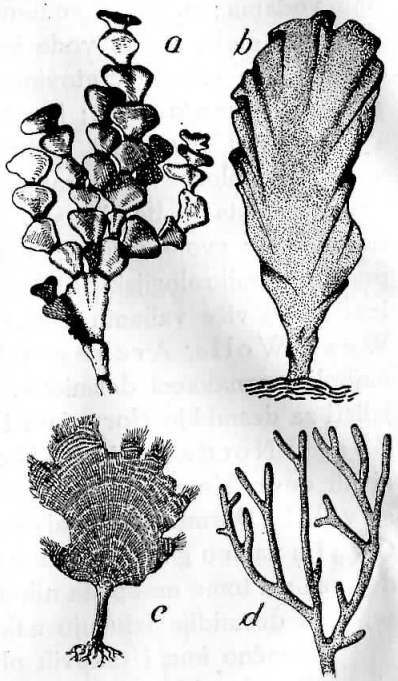
stajaćicama, koje u sebi nemaju previše vapna. Čini se, da vapno desmidijama upravo škodi; stoga se uklanjaju vapnenim vodama; n. pr. u vodama zagrebačke okoline ima desmidija vrlo malo, jer te vode imaju mnogo vapna.[1] Ponajviše ima desmidijâ u pravim cretovima ili tresavama, gdje ih je upravo nebrojeno mnogo vrsta; ima tu toliko vrsta i oblika, da se već i specijalisti desmidijâ jedva mogu snaći. Ponajviše varijira vanjska celulozna membrana, koja je sad glatka ili hrapava, sad opet pristasta ili bodljikasta. U Engleskoj bijaše opisivanje tih desmidija u svoje vrijeme upravo sportom, kojim su se bavili posebni „mikrologijski klubovi". Iz ovoga zabavnog rada proizašlo je i više valjanih istraživanja, što nam svjedoče imena West, Wolle, Archer, Blackman, koji su poznati kao najbolji poznavaoci desmidijâ. Osim Engleza poglaviti su specijalisti za desmidije Norvežani i Švedi, od kojih su osobito poznati Borge, Nordstedt, Wittrock i Wille. Kod nas su istraživali desmidije naročito Košanin, P. Gjorgjević, Protić i Pevalek. Desmidije su najviše srodne dijatomejama, s kojima se slažu i u načinu gibanja; i one polagano puzaju naprijed i natrag, a da se pri tome ne opaža nikakvo kretanje i gibanje stanice. Čini se, da i desmidije izlučuju neku sluz, koja služi za to pomicanje.

Konačno ima i takovih oblika, koji doduše stvaraju kolonije, ali tako, da se individui ili stanice nastavljaju, i čine prave niti (n. pr. *Hyalotheca, Desmidium)*. Na taj način postaju od jednostaničnih alaga nitaste višestanične; od njih spominjem u prvom redu rodove istoga plemena zigoficeja: *Spirogyra, Zygnema, Mougeotia. Spirogyra* i *Zygnema* su najobičnije nitaste alge naših izvora, mlaka i bara; tu živu u zelenim nakupinama poput pamuka, a vrlo se često oba roda nalaze zajedno. *Spirogyra* (Slika 113.) značajna je po svojem hloroplastu, koji je poput spirale u vrpci smotan, a ima ih katkada i po dva i više u jednoj stanici. U hloroplastima ima više pineroida, poređanih u razmaku jedan od drugoga; usred stanice nalazi se jedna jezgra, od koje vode plazmatske niti do pirenoida. *Zygnema* (Slika 113.) značajna je time, što su hloroplasti zvjezdasta oblika, i to su obično po dva u svakoj stanici.

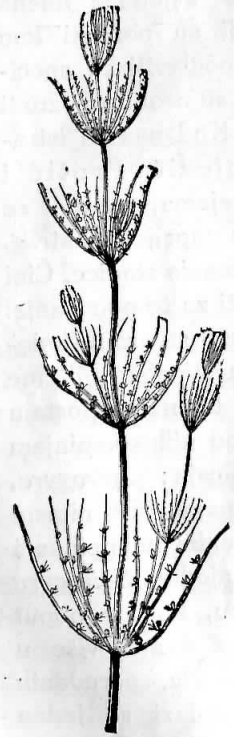
[1] Pevalek I.: O biologiji i o rasprostranjenju alga u Sjevernoj Hrvatskoj. Prirodosl. istraživanja Hrv. i Slav. Jugoslav. akademija. Svezak 8.

Uz ove nitaste alge u našim su slatkim vodama vrlo obične *Ulothrix i Oedogonium.* (Slika 113.). Ima ih i s razgranjenim nitima, n. pr. *Cladophora,* koja je upravo najobičnija stanovnica naših potoka, i vošerija *(Vaucheria).*

Lisnate su alge gotovo sve stanovnice morske. U svakoj luci našega primorja na dnu i na kamenju u moru ima zelenih krpa najobičnije alge, „morske salate" *(Ulva Lactuca).* (Sl. 116.). Slična joj je vrsta iste porodice s uskim i dugim listovima *Enteromorpha intestinalis.* Te su alge obično s jednim krajem pričvršćene o dno. Osobito su zanimljivi oblici među lisnatim algama napose su još i *Udotea Desfontainii,* sa zelenim listovima poput lepeze, i *Halimeda Tuna,* s listovima poput opuncije u miniaturnom obliku. (Slika 116.). Obje ove alge žive i kod nas u Dalmaciji i u hrvatskom primorju. Vrlo ljepušna je u nas obična sitna alga *Acetabularia mediterranea* (Slika 114.), koja ima oblik mala suncobrana. Osobiti tip među zelenim morskim algama je *Codium Bursa,* a ima oblik prave kugle od 1—3 decimetra u promjeru. Jedna od najsavršenijih građenih alaga je rod *Caulerpa* (Slika 115.), kojoj su organi građeni poput listova, stabljike i korijena, a ipak je to samo jedna velika razgranjena stanica. Ova ne živi u Jadranu, ali dolazi u južnom dijelu Sredozemnog mora.

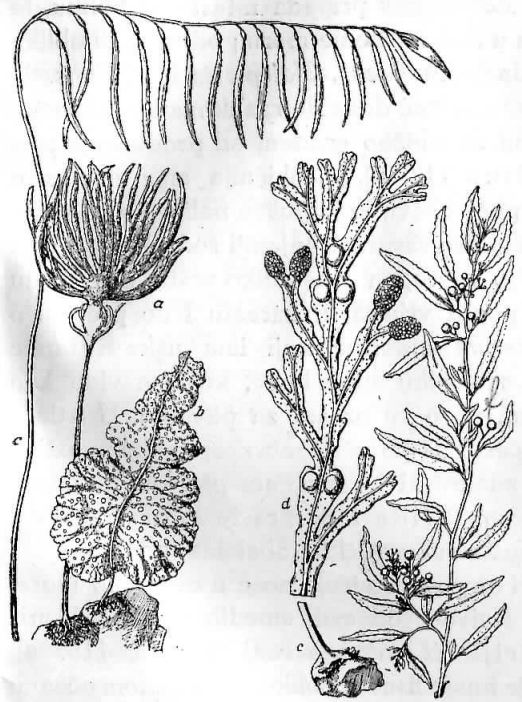


Slika 116. Morske zelene alge. *a Halimeda Tuna, b Ulva lactuca, c Udotea Desfontainii, d Codium tomentosun.*



Slika 117. *Chara fragilis* (Warming).

Oblikom nalikuju višoj biljci ponajviše porožnice il haraceje (Slika 117.), koje čine posebno pleme među algama; redovno žive u barama i jezerima, gdje prekrivaju cijelo dno poput livada. Prirasle su korjenićima u mulju, a „stabljika" im je građena od produženih stanica, koje se u pršljenima razgranjuju u ogranke, te narastu i do 1 metra u visinu.[1]



Slika 118. Smeđe alge *(Phaeophyceae), a Laminaria digitata, b Agarum Turneri, c Macrocystis pyrifera, d Fucus virsoides, f Sargassum bacciferum.* Sve slike znatno umanjene. (Po Nathansonu).

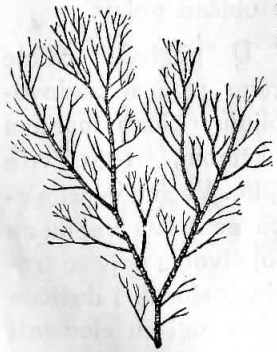
Sve te zelene alge imaju klorofila i stoga su to autotrofni organizmi. Nametnica ima među njima vrlo malo, tek nekoliko rodova, koji žive obično u lišću razna bilja, a i tada su samo polunametnice. Epifitizam među algama, a poglavito u moru, vrlo je običan pojav.

U pogledu rudne hrane alge se zadovoljuju obično manjom količinom, nego više bijlke. Većina ih primjerice ne treba vapna za svoj život, a najviše trebaju fosforne i dušične soli; drugi su elementi za njih manje znatni. Sve te elemente dobiva zelena alga već rastopljene iz vode, u kojoj živi, te im je stoga i život olakšan time, što ne treba da te rude otapaju.

[1] Kod nas je obradio haraceje Srbije prof. Košanin. (Naše Characeae, Nastavnik XVIII. 1907.).

5. Smeđe alge *(Phaeophyceae).*

Smeđe su alge značajne po tome, što u stanicama osim hlorofila imaju i jedno mastilo, feofil *(phaeophyll).* Taj je feofil po novim istraživanjima samo modifikacija hlorofila. Građa i oblik tih alaga vrlo je različit; ima ih nitastih, a ponajviše lisnatih, od kojih neke nalikuju na višu biljku sa stabljikom, listom i korijenom. Rod *Ectocarpus* pripada nitastomu obliku, te je mnogobrojno zastupan u Jadranskome moru; od lisnatih oblika najobičniji su rodovi u Jadranu *Fucus, Halopteris* i *Phyllitis.* U građi steljke tih alaga možemo već donekle razlikovati epidermne slojeve od središnjih, koji su obično građeni od produženih stanica. *Fucus virsoides* (Slika 117. d), najobičnija alga u nas u hrvatskom Primorju, ima pače cijevi, koje posve naliče na poznate sitaste cijevi u višega bilja. Najrasprostranjeniji rod smeđih alaga je u nas *Cystosira,* koji je zastupan s nekoliko vrsta. One imaju grmolik oblik i vide se poput vrijesa, a narastu i do preko pô metra. Sličan je i *Sargassum liniforme,* koji ima uske i tanke „listove", a kao osobitu značajku sitne bobe, koje se vide kao plodovi, ali one to nijesu, nego su organi za plivanje. U Atlanskom oceanu nalaze se često na površini morskoj velike množine ovoga sargasa, koje su znale biti i zaprekom plovidbi po moru. Ovaj *Sargassum bacciferum* (Slika 118. f) raste zapravo u silnoj množini na mehičkim obalama, odakle ih valovi otrgnu, a struje nose u otvoreno more.



Slika 119. *Ceramium diaphanum.* (Warming).

Najveće od svih smeđih alaga su laminarije *(Laminariaceae)* (Slika 118. a), koje imaju lisnate oblike. U Indijskom oceanu živi u dubini od 15—70 metara vrsta *Macrocystis pyrifera* (Slika 118. c), koja naraste duga i preko 200 metara. Laminarijâ ima ponajviše u ledenim morima, gdje živu kod temperature od 1—2° C., a od njih su najobičnije *Laminaria Clustoni* i *L. digitata.* Smeđe su alge samo morske stanovnice, pa ih u slatkoj vodi poznamo samo nekoliko vrsta. Od ovih spominjem kao najobičniju vrstu *Lithoderma fluviatilis,* što znači „kamena kora"; ta naime alga pravi i u našim potocima prevlake na kamenju.

Nekih smeđih alaga, n. pr. laminarijâ i fukusâ, ima u morima tako silna količina, te nije čudo, da su ih ljudi kušali na razne načine upotrebiti. Tako ih poglavito upotrebljuju za gnojivo, a i za krmu za marvu; u svoje se vrijeme pače dobivao od ovih alaga jod, kojega ima u njima dovoljno mnogo. U Francuskoj su od njih pravili i sodu. Neke vrste, a osobito *Laminaria saccharina,* upotrebljavaju Kinezi i Eskimi za jelo, jer imaju u sebi sladora. Stabljike laminarije služe i u ljekarstvu s imenom „stipites laminariae" za raširivanje žila, jer u vodi jako nabubre.

6. Crvene alge *(Rhodophyceae).*

Crvena boja ovoga osobitog skupa alaga potječe od crvenoga mastila fikoeritrina *(phycoerythrin),* koji u stanici prekriva zelena hlorofilna tjelešca; to crvenilo pripada po svome kemijskom sastavu bjelančastim spojevinama. Građa je crvenih alaga vrlo raznolika. U glavnom postoje kao i kod smeđih alaga dva građevna tipa: nitasti oblici i lisnati. Većina je tih alaga sluzava i gelatinozna, te se pače od nekih *(Gigartina, Chondrus)* pravi tehnička gelatina, koja je poznata s imenom „agar-agar".

Slika 120. *Delesseria sanguinea.* (Warming).

Crvene alge broje danas mnogo porodica, a preko 300 rodova; među njima su najbrojniji i najznatniji rodovi *Polysiphonia, Laurencia, Ceramium* (Slika 119.), *Corallina, Gracilaria, Nitophyllum, Delesseria* (Slika 120.) i dr., koji poglavito živu u morima, a u slatkoj vodi živi tek nekoliko vrsta. Najobičnija slatkovodna vrsta živi i u nas kao tipska stanovnica na mlinskim kolesima, a to je *Bangia atropurpurea.* Rjeđe su vrste *Batrachospermum moniliforme* i *Chatransia chalybea,* koje žive obično u potočićima, a ima ih i u nas. Osim ovih dolaze u našim slatkim vodama i neke vrste roda *Lemanea,* a nađena je i vrlo zanimiva *Thorea ramosissima* i to u Dunavu

kod Beograda (Bornmüller, Košanin) i u jednom potoku kraj termalnog vrela Toplice kod Jaske u Hrvatskoj (Vouk)[1].

Osobito spomena vrijedne su one crvene alge, koje žive obično na dnu mora, a inkrustiraju se vapnom. To su poglavito rodovi *Lithophyllum* i *Lithothamnion* (Vidi sliku 11.), koji naliče na koralje. Negda u geologijsko doba jure i krede živjele su te alge u silnim množinama, prekrivajući morska dna; to nam dokazuju ostanci u gorama do današnjega dana. Takovih ostanaka naći je i u blizini Zagreba. Uz čitavi rub Zagrebačke gore protežu se pojasi vapnenačkih brežuljaka, koji su izgrađeni od t. zv. litavskih vapnenaca. Još i danas možemo na njima kadkada vrlo dobro opažati nekdašnje forme litotamnija. Dapače je naći i vrlo dobro sačuvanih primjeraka vrste *Lithothamnion ramosissimum.* Te vapnenačke stijene svjedoci su nijeme i davne prošlosti, kada je široko more oplakivalo obale otoka današnje Zagrebačke gore. Tu su uz obale litotamniji izgrađivali morske grebene, od kojih se danas krši kamen. Iz kamenoloma vrapčanske doline izgrađene su palače i crkve bijeloga Zagreba. Stolna crkva sa ponosnim zvonicima, podnožja zagrebačkih palača izgrađena su djelovanjem života jednostavnih alaga u pradavno doba miocena[2].

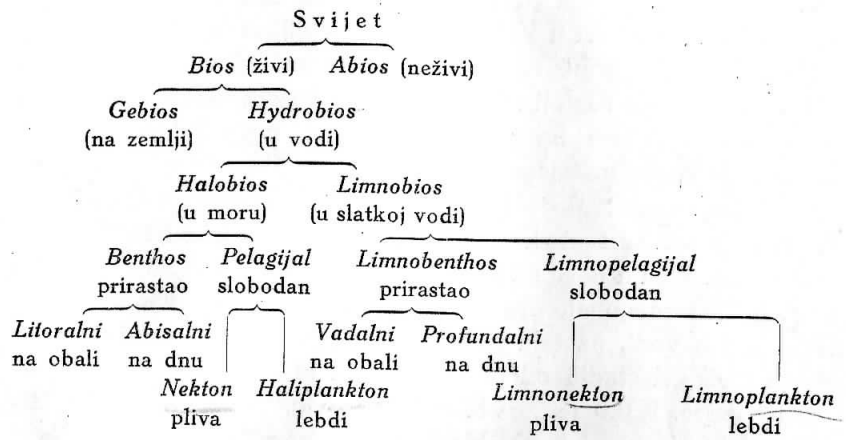
Crvene su alge autotrofne biljke, koje asimilacijom stvaraju „floridejski škrob". Razlog, da je hlorofil prekriven crvenilom, čini se da je svijetlo. Poznato je, da crvene alge nastavaju ponajviše velike dubine, a smeđe se alge, a pogotovu zelene, nalaze bliži površini. Taj pojav tumači Engelmann, a s njime i Rus Gajdukov time, da u dubine dopire ponajviše samo modro svijetlo, a po poznatoj teoriji upija bilje najbolje onakovo svijetlo, koje je komplementarno boji asimilacijskog aparata: biljka se u dubinama zaodjela crvenim ruhom, da što bolje upije modre zrake svijetla. Ovaj se pojav zove komplementarna hromatička adaptacija. O ispravnosti ovoga tumačenja mnijenja se danas razilaze.

[1] Vouk V.: Prilozi flori slatkovodnih alga Hrvatske. Prirodosl. istraž. Hrvatske i Slavonije. Zagreb 1919.

[2] Fosilna flora tercijera jednog dijela Zagrebačke gore obrađena je u djelu od Gjure Pilara: *Flora fossilis Susedana.* Izdala Jugosl. akademija u Zagrebu god. 1883.

17. Općene životne prilike alaga.

Radi boljega razumijevanja i pregleda životnih prilika alaga postavljamo ovu shemu (po Steueru):



Alge žive na zemlji i u vodi, u moru i u slatkoj vodi, prirasle i slobodne, na obali i na dnu, a konačno i lebdeći, dakle u svakom životnom tipu ove sheme izuzevši nekton. Pojedini će nam primjeri to najbolje rszjasniti.

Alge živu gotovo samo u vodi i na vlažnim staništima; gdje je suho, tu nema alaga, dakako uz neke izuzetke. Prema tome pripada „geobiosu" razmjerno malen broj alaga. Kao takove geobioske alge spominjem na prvome mjestu porodicu *Protococcaceae,* od koje smo već upoznali „kišnu algu" *(Pleurococcus)* kao stanovnicu na kori šumskoga drveća; druga jedna alga, *Trentopohlia,* bojadiše koru drveća crveno-žuto, a ima je često i na kamenju. Na kamenju i na kućnim zidovima pojavljuje se često kao krv crvena alga, koju možemo i zvati „krvna alga" *(Porphyridium cruentum);* crvena kao krv boja te alge dala je često prigode kojekakvim brbljarijama, a i sumnjičenjima. Za ovu algu još danas nije poznato, kojemu li redu pripada; mnogi drže, da pripada crvenim algama ili rodoficejama, a drugi je stavljaju među modrozelene alge ili cijanoficeje. Rodovi posljednjega plemena uopće su vrlo česti geobionti, n. pr. *Gloeocapsa, Phormidium, Nostoc, Scytonema* i dr. Sve su te alge značajne po tome, što su obično omotane gelatinom, koja ih štiti od osušenja.

Osobiti način života provode neke alge na samu golu kamenju. Glasoviti botanik i putopisac Welwitsch opisuje u Angoli kod Pungo Adonga crne stijene „Pedras Negras", koje su posve obrasle algom iz roda *Scytonema;* i u nas ima takovih alaga na dolomitnim stijenama u Velebitu. To je „epilitna vegetacija alaga", koju je osobito proučavao prof. Diels na dolomitima u Tirolu. Ta se vegetacija sastoji od cijanoficeja *(Gloeocapsa* i *Cyanocapsa),* koje ne žive samo na površini kamena, nego zalaze i u sam kamen do osam milimetara duboko.

Dalnji osobiti tip alaga jesu one, koje obaraju vapno i čine t. zv. vapnenačke inkrustacije. Takove se inkrustacije mogu u mnoštvu naći u našim Plitvičkim jezerima. Sedra, koja se može naći uz jezerne obale na dnu i na granama i deblima drveća, koje leži u vodi, nastala je djelovanjem alga cijanoficeja. Tu se mogu naći svi stadiji od prvog razvića alge, pa do posve stvrdnute sedre. Kako je Pevalek ustanovio,[1] najznatnija inkrustirajuća alga jest pri tome *Hypheothrix lateritia,* a uza nju još i *Rivularia rufescens.* Slika 121. prikazuje nam takovu vapnenu koru, koja je nastala djelovanjem ovih alaga. Sedra je dakle Plitvičkih jezera poglavito fitogenog porijetla.

Prelaz k pravim vodenim algama čine ambifije među algama. To su u prvom redu i opet cijanoficeje. U ovaj biologijski skup možemo ubrojiti i alge „litoralne zone" morske obale, u kojoj se izmjenjuje plima i osjeka, pa se alge, koje tu žive, nalaze djelomice pod vodom, a djelomice na zraku. Najobičnija takova alga u našem primorju jest *Catenella Opuntia;* ona živi samo od vode, koju uzburkani morski valovi mlatanjem nabace. U tom predjelu plime u Jadranskome moru još su vrlo obične alge *Rivularia polyotis, Nemalion lubricum, Bangia fuscopur urea, Fucus virsoides.* I u slatkoj vodi ima amfibijskih alaga, od kojih je najobičnija *Vaucheria.*

Posebno biologijsko mjesto zauzimaju one alge, koje žive na samom ledu i snijegu visokih brda. Planinari su znali često pripovijedati o tom čudnovatom „crvenom snijegu", nadovezujući kojekakove priče. Danas znamo, da ta crvena boja snijega potječe od „snježne alge" *(Sphaerela nivalis).* Ona je jednostanična

[1] Pevalek I.: Prilog poznavanju alga Hrvatske i Slavonije. Prirodoslovna istraživanja Hrv. i Slav. Svz. 14. Zagreb, 1919.

i okrugla, te ima crvene hromatofore. Ima i drugih vrsta, koje tvore jednaki pojav, n. pr. *Gloeocapsa sanguinea* i neke vrste roda *Chlamydomonas.* Smeđa boja snijega, koja se katkada pojavljuje u snježnim visinama, potječe od desmidije *Ancylonema Nordenskiöldii.* Te alge mogu izdržati temperaturu snijega i leda, a da se pri tome ne smrznu.

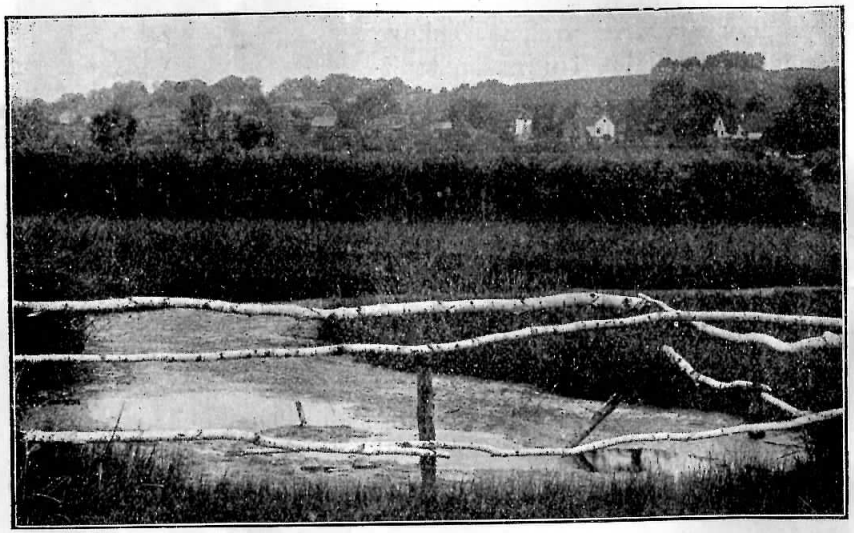
Slika 121. Sedra sa algama iz Plitvičkih jezera (Pevalek).

Upravo kao i niske temperature mogu mnoge alge podnesti i visoke temparature; to su napose one alge, koje žive u vrućim vrelima. Takove termalne alge žive i u našim toplicama Topuskoga, Stubičkih, Varaždinskih i drugih toplica.[1] U Topuskom ima na livadi otvoreno jedno vrelo (Slika 122), gdje iz dubina izlazi napolje vruća voda od 55° C, a na površini vode pliva zelena kora od alaga. To su cijanoficeje *Mastigocladus laminosus* i *Phormidium laminosum.* Iste te dvije alge žive i u vrućim vrelima Stubičkih toplica na obalama potoka Toplice kod temperature od 50—55° C, a poznate su i iz toplica cijeloga svijeta: ima ih u toplicama na Margaretinu otoku u Budimpešti, u Karlovim varima, u Baden-Badenu, na Islandu, u gajzirima Jelowstone-parka u Americi, na New-Zellandu i t. d. Kod visokih temperatura od 40—85° C nalazimo u toplicama poglavito cijanoficeje, a nešto i dijatomeje (samo do 50° C). Najviša temperatura, kod koje alge još mogu živjeti, jest 85° C; to su utvrdili Amerikanci u Jelowstone-parku. I hloroficeja i desmidijâ ima u topličkim

[1] Vouk V., Biološka istraživanja termalnih voda Hrvatske i Slavonije. Prirodoslovna istraživanja Hrv. i Slav.; izdaje Jugosl. akad. Sv. 8. 1916. i 14. 1919.

vodama, ali najviše do nešto 35° C. Život alaga kod tako visokih temperatura dao je povoda, da mnogi misle, da su cijanoficeje najstariji stanovnici kore zemaljske, jer su mogle živjeti još u ono doba, kada je cijela zemlja bila prekrita vrućom vodom.

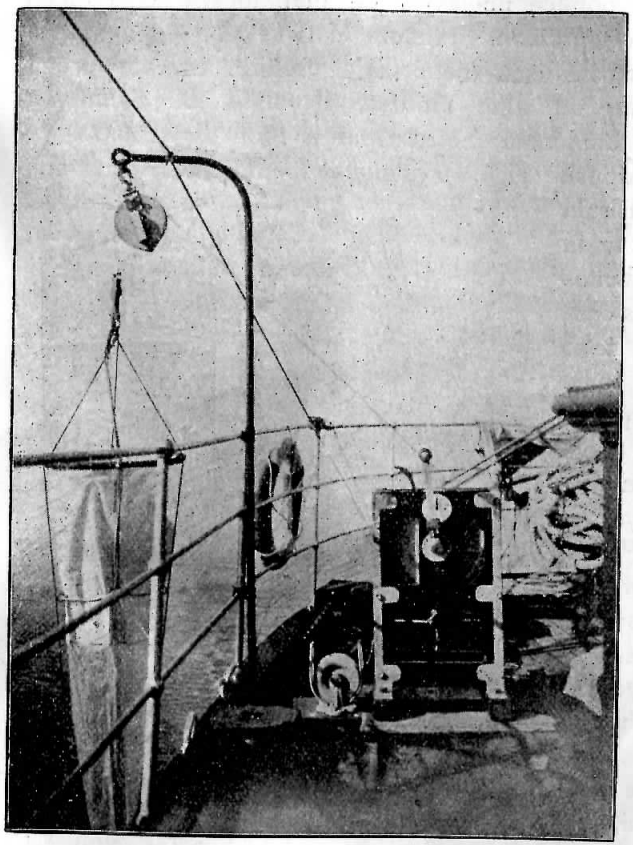
Život u moru i u slatkoj vodi može biti, prema pregledu spomenutom u početku, ili slobodan, a to su pelagički organizmi, ili na dno pričvršćen, a to su bentoski organizmi (benthos). U pelagijalu razlikujemo opet dva biologijska tipa: jedni su organizmi, koji plivaju slobodno, ali svojom snagom i nezavisno o gibanju vode (nekton); drugi lebde nošeni strujama i



Slika 122. Vruće vrelo u Topuskom s termalnim algama na površini.

valovima morskim (plankton). Među algama dakako nema nektonskih oblika, no zato ih ima mnogo u planktonu. Ove su planktonske alge mikroskopske veličine, a pripadaju najviše porodicama kremenjašica, peridinija i zelenih alaga ili hloroficeja. Istraživanje se planktona započelo istom u novije doba, otkako je prvi Johannes Müller upotrebio osobitu mrežu za lov sitnih bića (Slika 123). Takova mreža gusta je tkanina, oblik joj je koničan, ima na donjem kraju posudicu s dnom od tanke i čvrste svile. Ako takovu mrežu vučemo kroz vodu, to se voda kroz nju procijedi, a pri tom ostanu svi sitni organizmi u onoj posudici.

Među tim organizmima ima dakako i životinja i alaga, a prema tome i razlikujemo zooplankton i fitoplankton. Istraživanje ovoga sitnog svijeta razvilo se danas do posebne biologijske nauke, koju zovemo planktonologijom. Za sustavno istraživanje mora i jezera poduzele su pače razne naučne korporacije ili države posebne ekspedicije; u tom nastojanju nijesmo ni mi zaostali, te su god. 1913. i 1914. nastojanjem Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti poduzeta s ladom „Vila Velebita" sustavna istraživanja planktona u Kvanerskom zavalju.[1]



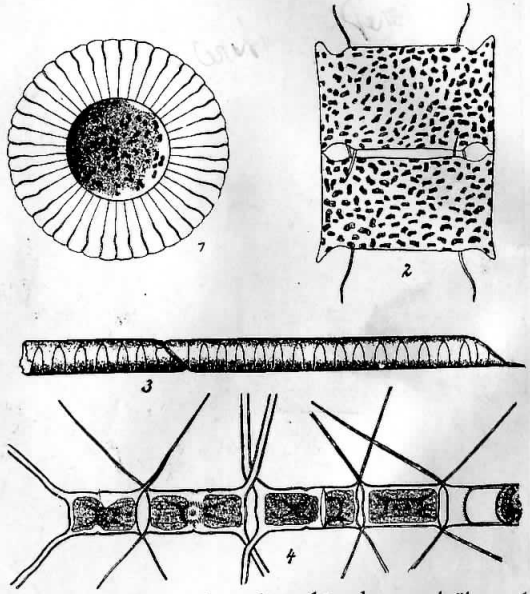
Sl. 123. Planktonska mreža s vitlom za spuštanje na „Vili Velebita". Originalna snimka, uzeta za prve hrvatske ekspedicije za istraživanje Jadranskoga mora god. 1913.

Planktonske alge lebde u moru i u jezerima cijeli svoj život te imaju pače udešeno u tu svrhu tijelo. Već sama mikroskopska veličina pridonosi tome, da lako u vodi lebde: neke su n. pr. mjehurasta oblika *Coscinodiscus*, ili su igličasta oblika, *Rhizosolenia;*

[1] Car L. i Hadži J.: Biološka opažanja. Izvještaj o naučnom istraživanju Jadranskog mora god. 1914. Prirod. istraž., izd. Jug. akad., sv. 5., g. 1914.

druge pak na svom tijelu imaju dlake i bodljike, kao na pr. *Chaetoceras* i *Ceratium* (Slika 98.), a to bitno olakšava lebdenje.

Množina planktonskih alaga može biti upravo neobično velika, tako da gdjekad upravo daje boju moru. Poznato je, da boja Crvenoga mora potječe poglavito od planktonske cijanoficeje *Trichodesmium erythraeum*. Francuz Montagne je opažao u portugiskom moru na ušću rijeke Taja osobitih crvenih pruga, koje su potjecale od silne množine flagelata *Dunaliella salina;* u jednom kubičnom metru našao je Montagne 40.000 individua te planktonske alge. Hrvatska ekspedicija za istraživanje Kvarnera konstatirala je blizu Senjskih vrata silnu množinu plantonata *Chaetoceras* osobito u proljeću, tako da je more na tome mjestu bilo upravo mutno. Crvena boja mora u Indijskom oceanu kod Bombaya potječe od alge *Peridinium sanguineum.*



Slika 124. Planktonske alge kremenjašice. *1 Planktoniella Sol, 2 Bidulphia mobiliensis. 3 Rhizosolenia styliformis. 4 Chaetoceras paradoxum.* (Warming).

Fitoplankton je od osnovne važnosti za prehranu cijeloga organskog svijeta u moru. Fitoplanktonti su alge, prema tome autotrofni organizmi, koji jedini mogu stvarati sami organsku hranu. Oni su pravi asimilanti cijeloga morskog života, bez njih bi život u moru bio upravo nemoguć. Fitoplanktonom se naime hrane sitni životinjski planktoni, mali račići, sitne ribice, a ovima hrane se veće morske životinje. Jedna žđere drugu, a konačno živu sve na račun asimilacijskoga aparata fitoplanktonata.

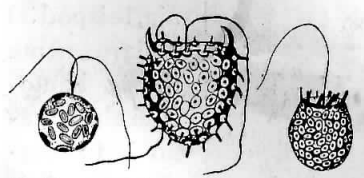
Množina planktona nije u svim morima jednaka; od ekvatora prema polu broj je sve manji. Polarni i tropski krajevi

razlikuju se i oblicima. U hladnijim morima prevladavaju dijatomeje i peridinije; cijanoficeje gotovo su samo stanovnice toplih mora. Slično se opažalo i za slatka jezera, gdje se dijatomeje i peridinije pojavljuju poglavito zimi i u proljeće, a cijanoficeje ljeti, kada toplina vode dosegne i 20° C.

Fitoplankton se pojavljuje obično u dubljim morskim slojevima, a ne na samoj površini, kako bi se to moglo očekivati. U arktičkim morima je Schimper konstatirao maksimum planktona istom u dubini od 20—80 metara, a slično je opažao i Gran u Atlantskom oceanu. Najveća dubina, do koje fitoplanktona uopće ima, jest po mjerenju Chuna 400 metara; u toj dubini živu samo još nekoji planktonti, n. pr. *Planktoniella* (Slika 124.) i *Coscinodiscus.*

U moru i u jezerima živu isti rodovi, n. pr. *Peridinium, Ceratium* i *Rhizosolenia;* pače ima i pojedinih vrsta, koje su zajedničke moru i jezerima, a pogotovu ima i takovih zajedničkih oblika u bočatoj vodi *(hyphalmyroplankton).*

Zanimljiva je činjenica, da je uz obalu plankton drugačiji negoli na otvorenome moru. Prvi zovemo neritički plankton, a drugi oceanski. Uzrok različnomu sastavu po svoj je prilici taj, što su uz obalu veće razlike temperature i slanosti mora.

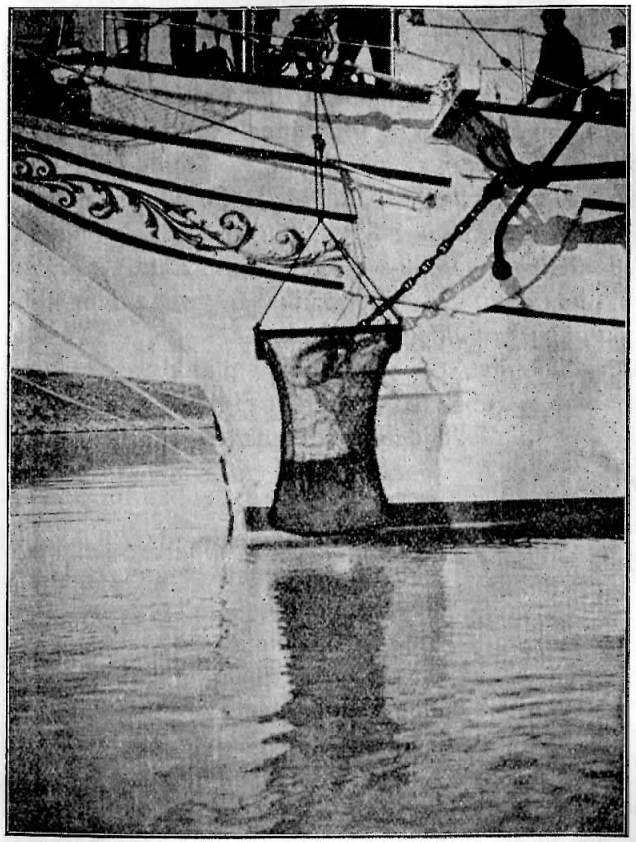


Slika 125. *Coccolithophoridae* iz Jadranskog mora. Lijevo *Pontosphaera Brückneri,* u sredini *Syracosphaera conifera,* desno *Syracosphaera coronata.* Sve slike povećane oko 1.500 puta.

U najnovije su doba pokazala istraživanja, da i kroz najtanju planktonsku mrežu mogu neki organizmi proći, jer su manji od običnih planktonata. Taj sitni plankton ili nannoplankton čine flagelati iz porodice *Coccolithophoridae.* Ovi su flagelati oklopljeni oklopom od samih vapnenih pločica. Danas poznajemo tek nekoliko rodova tih najmanjih alaga, n. pr. *Rhabdosphaera, Coccolithophora* i *Syracosphaera* (Slika 125.).

Sve na dnu prirasle alge zajedno čine benthos. Takove bentoske tipove upoznali smo već u predašnjem poglavlju. U moru je bentos raširen ponajviše uz obalu do dubine od 5—15 metara u takozvanoj „sublitoralnoj zoni". Najveća dubina, u kojoj bentosa u moru uopće još ima, jest oko 200 metara; u takovoj dubini živu još samo dijatomeje, dok je za više alge

granica dubine mnogo manja, a i ta je u raznim morima drugačija. Tako je u Grönlandskome moru najveća dubina 40—60 metara, u Napuljskom zaljevu 120—130 m., a u Kvarnerskom zaljevu 60—70 metara. Iz tih se dubina vadi bentos posebnim mrežama, t. zv. dredžama (Vidi sliku 126.). U većim je dubinama prilično nesigurno, jesu li alge, koje tu nađemo, dospjele ovamo slučajno sa pličina ili su doista u ovim dubinama prirasle na dno. Za jezera je ta granica dubine još i manja, te ispod 30 metara nema uopće bentoskih alaga, kako je to utvrđeno za švicarska jezera. Najglavniji faktor, koji djeluje na to razdjeljenje alaga u dubinama, jest svijetlo, koje nejednako dopire u dubinu.



Slika 126. Mreža za lovljenje po dnu, t. zv. dredža, diže se na palubu „Vile Velebita". Originalna snimka za prve hrvatske ekspedicije za istraživanje Jadranskoga mora.

Daljnji je odlučni faktor za razdjeljenje bentosa temperatura vode. Općeno je poznato, da hladnija mora imaju bujniju vegetaciju, a to se vidi u sjevernim morima, gdje u bujnoj vegetaciji žive silne alge, n. pr. *Laminaria, Macrocystis, Darvillea.* Srednja

godišnja toplota tih mora jedva prekoračuje 0° C. Uzrok tome je taj, što hladnija voda ima uvijek više kisika i ugljičnog dvokisa, a ova su hranila za alge vrlo važna. Mnogo znatnije od samih temperatura jest to, da li te temperature tijekom godine jako variraju ili su više konstantne. Neke naime alge ne podnose promjene temperatura (stenotermne su), a druge je snose lakše (euritermne su).

Za život je morskih alaga vrlo važna množina soli u moru: što je u moru manje soli, to je vegetacija morskih alaga slabije razvijena. Razlika bujnosti vegetacije alaga opaža se primjerice kod prelaza iz Sjevernoga (Njemačkoga) mora, koje je slanije, u manje slano Baltičko more. I Sibirsko more ima slabije razvijenu vegetaciju alaga radi silnih sibirskih rijeka, koje to more znatno oslađuju. Utjecaj slanosti na morsku vegetaciju možemo u nas u primorju opažati u Bakarskom zaljevu. More je u Bakarskom zaljevu periodično bočato, jer u proljeću navre voda u jakim izvorima i zasladi vodu prilično, tako da je na površini gotovo posve slatka; dok je inače u Jadranskom moru morska vegetacija upravo bujna, to je u proljeću u Bakarskom zaljevu gotovo mrtva: za alge je tu prava zima, a pogotovu za prave morske crvene alge ili rodificeje; zelene alge i brojem vrsta i mnoštvom prevladavaju. Uzrok toj pojavi svakako je snižena slanost.[1]

Kao znatan faktor za život bentosa još je i gibanje mora, i to poglavito za alge u litoralnom ili obalnom pojasu, gdje su izvrgnute valovima morskoga mlatanja. Tu se mogu uzdržati samo one alge, koje su čvrsto pričvršćene na podlozi i koje imaju nitast oblik, kao što je primjerice tipska takova alga u nas *Nemalion lubricum,* koja se vidi poput gujavice.

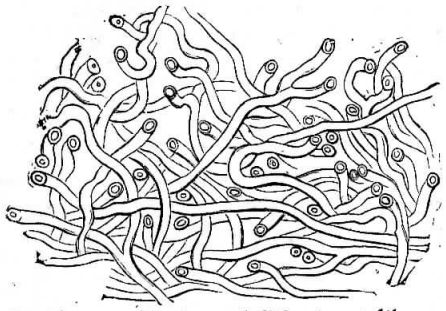
18. Građa i život gljiva.

Najznatnija glavna oznaka gljiva jest, da nemaju hlorofila niti ikakva drugog mastila, koje bi služilo za asimilaciju. Gljive su prema tome heterotrofne steljnjače. Osim toga imaju gljive vrlo značajnu unutarnju građu. Tijelo im je građeno od stanica končasta oblika, a zovemo ih hife. Te su hife oklopljene membranama, koje se poput svih staničnih membrana ne sastoje od

[1] Vouk V.: Morska vegetacija Bakarskog zaljeva. Prirodoslovna istraživanja Hrvatske i Slavonije izd. Jugoslav. akademija. Sv. 6. 1915.

celuloze, nego od hitina, a to je ona ista stvar, od koje su građena krila kukaca. Plazma gljivnih hifa pokazuje sva ona ista svojstva kao i svaka druga biljna stanica, pače i gibanje, koje je posve isto kao i kod služnjača ili miksomiceta. Jezgre su obično vrlo malene, a ima ih u svakoj stanici po jedna i po više; djele se isto tako kao i kod višeg bilja, premda ne baš posve po istom pravilu. Hromosomi su vrlo maleni, te se teško i dadu brojiti.

Razgranjeni sustav takovih hifa zovemo micelij, a većini je nižih gljiva cijelo tijelo građeno samo od takova micelija; istom više gljive stvaraju staničja od hifa, i to ponajviše u rasplodnim organima. Staničje od samih hifa zovemo plektenhim ili naprosto: pletivo (Slika 127.), koje u prerezu ima često izgled prava parenhima (pseudoparenhim). To je poglavito onda, ako su hife posve pravilno smještene jedna do druge; ako li su te hife posve isprepletene bez reda kao kakova prosta tkanina, onda takvo staničje zovemo pravim pletivom. U pletivu ili plektenhimu nema nikakove osobite diferencijacije, nema diobe rada među staničjem, tek se jedva prema površini nalaze ponešto zgusnuti elementi, koji naliče na epidermu. Tu nema ni spomena o kakovu provodnom staničju, o žilju ili o mehaničkim elementima; tek neke gljive imadu mliječne cijevi s mliječnim sokom. Po tome je značajna osobito porodica mlječika *(Lactariae)*, od kojih su svakome poznate vrlo tečne gljive paprena mliječ *(Lactaria piperata)* i rujnica *(Lactaria deliciosa)*. Građa gljivâ vrlo je jednostavna, ali su zato njihov život i njihova fiziologija zamršeniji.

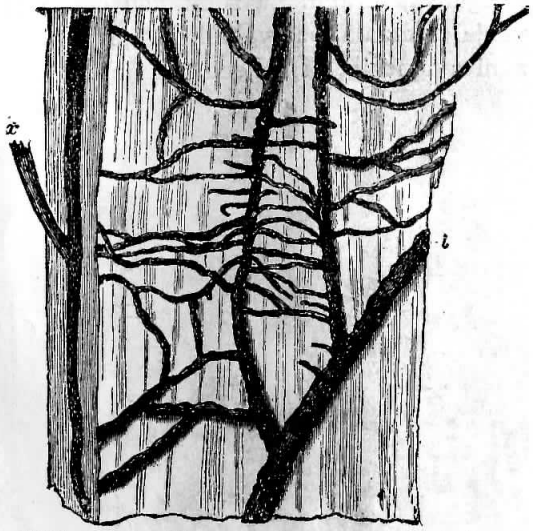


Slika 127. Pletivo od hifa iz steljke jednoga lišaja *(Cetraria islandica)*. Warming-Johannsen.

Gljive su vrlo silan narod u biljnom carstvu; ima ih do danas poznatih i preko 50.000 vrstâ. Nije mojom zadaćom, da iznosim ovdje opise pojedinih tipova preraznolikih biljnih plemena, nego mi je više do toga, da ocrtam najbitnije njihove životne pojave, koliko se to u tako malenu prostoru uopće može.

Već smo odmah u početku istaknuli, da gljive nemaju hlorofila, te su one organizmi heterotrofni. Gljive ne mogu asimilirati ugljični dvokis iz zraka, te su prema tome prinuđene, da sebi na drugi način pribavljaju ugljik, potreban im za život.

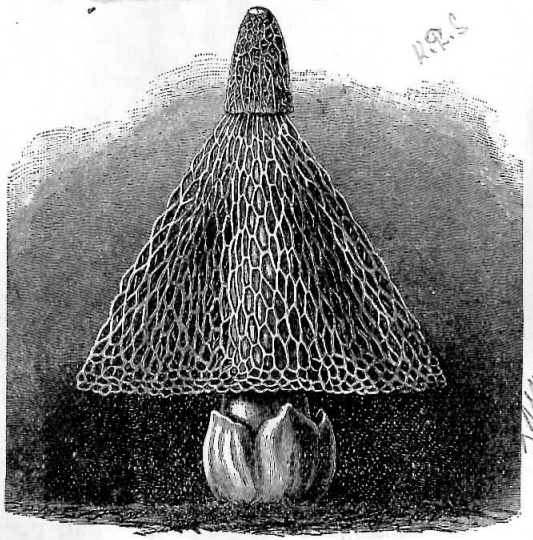
Dobavljanje gotove ugljične hrane biva na dva načina. Prvo: gljiva se naselila na drugom kojem organizmu, te od ovoga siše hifama gotovu organsku hranu, a tada je prava nametnica, jer živi na tuđi račun. Kao najobičnije takove gljivne nametnice spominjem ovdje bolesti vinove loze peronosporu *(Plasmopara viticola)* i poznati oidij *(Oidium Tuckeri)*, pa bolesti žita i drugoga kulturnog bilja, razne pikce, snijeti i medljike. A i medju višim gljivama klobučarkama ima nametnica, na pr. obična puza ili grmačica *(Agaricus melleus)*, inače dobra i jestiva gljiva, koja živi na panjevima, a njezin micelij izijeda sočni kambijalni dio pod korom. Micelij te gljive crn je i žilav, pa se vidi poput korijenja, a zovu ga *Rhizomorpha* (Slika 128.), te su ga prije držali posebnom gljivom. I obična bukova guba *(Polyporus fomentarius)* nametnica je, koja svojim micelijem može uništiti cijelo stablo. A među gljivama ima i takovih nametnica, koje žive i na životinjama. Od njih spominjem vodenu plijesan *(Saprolegnia)*, koja živi na ribama i vodenim kukcima, pa muhinu plijesan *(Empusa muscae)*, koja jeseni uništuje muhe, a ima i jedna cijela porodica *(Entomophthoraceae)*, koja živi upravo na kukcima.



Slika 128. *Rhizomorpha*, micelij pod korom drveta. (Warming).

Sve te nametnice hrane se tako, da dobivaju svu hranu od svoga hranitelja.

U drugu rpu možemo ubrojiti sve one gljive, koje dobivaju hranu od raspadnutih i trulih organizama biljnoga i životinskog podrijetla. To su stanovnice truleži, gnjiloće i humoznoga šumskoga tla. Takove gljive zovemo saprofitima. Najveći broj gljiva, a osobito viših gljiva ili klobučaraka pripada ovoj rpi. U šumskom ili livadnom humoznom tlu žive na isti način sve te otrovne i jestive gljive, n. pr. pečurka, vrganj, blagva, mliječ, muhara, lisica, rujnica, griva i dr. Micelij tih gljiva živi poput pravih saprofita u tlu, odakle prima gotovu anorgansku ili rudnu i organsku hranu. Za rudne su stvari gljive, koliko su istraživanja pokazala, bez velikih zahtjeva, te općenito ne trebaju vapna, a ni magnezija ni željeza, ali ne mogu živjeti bez kalija, fosfora i sumpora. Dušik i ugljik primaju gljive u gotovim amonijevim spojevima ili u ugljohidratima. Micelij gljivâ razraste se u šumskom tlu na daleko i široko, te gdjegdje izbije i napolje stvarajući plodišta u raznu obliku: poput zdjelica *(Pezizae)* ili poput mjehura *(Gasteromycetes)* ili ponajviše u obliku onih nama dobro poznatih klobuka, koje obični ljudi nazivaju naprosto gljivom, ne znajući, da su ti klobuci samo plodišta gljive, koja živi u zemlji. Gljive se pojavljuju u šumi obično poslije kišovitih dana, jer hife trebaju za razvitak vrlo mnogo vlage. Ta, i kaže se često: „Nikoše kao gljive poslije kiše". Gljivni micelij raste neobično brzo, pa se često upravo preko noći znade šumsko tlo prekriti gljivama. No zato je i njihov vijek vrlo kratak; u nekoliko dana već su posve dozrele, izbace trus i stanu ginuti. „Brazilska gospođa s bijelom koprenom" *(Dictyophora phalloidea)*



Slika 129. *Dictyophora phalloidea.* Po Kerneru.

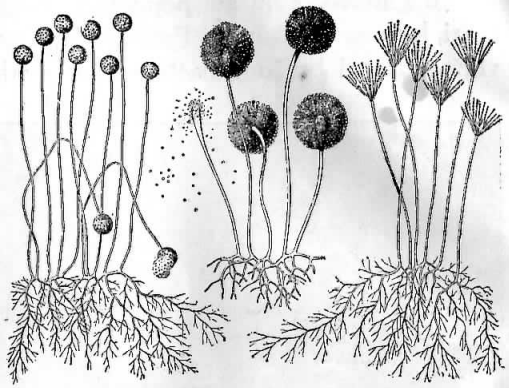
(Slika 129.) živi samo 24 sata. Razvije se preko noći i drugi dan već ugine.

Vrlo je zanimljivo, da se mnoge gljive pojavljuju u prirodi u nekom krugu i to posve pravilno. Taj pojav, t. zv. čarobni krug" (Slika 130.), nastaje tako, da se trus jedne gljive razvija pravilno u svim radijalnim smjerovima u micelij, koji u neko doba izbije na svim stranama u plodišta.

Među saprofitske gljive možemo ubrojiti i sve plijesni. To su gljivice, koje se pojavljuju svagdje, gdje ima organskih tvari, koje se rastvaraju. Poznato je, da plijesni kvare našu hranu: vlažno žito i brašno, slatko voće i svaka druga hrana, koja duže vremena stoje na zraku, lako se pokvari, jer ju napadnu plijesni. (Slika 131.). Na površini se pojavi najprije pahuljasti bijeli micelij, koji sve više raste, dok ne počne stvarati rasplodne organe. Najobičnija i svagdje poznata je zelena plijesan *(Penicillium crustaceum)*, koja ima zelene rasplodne organe, konidije, sa sporama, a obična je i crna plijesan *(Aspergillus niger)*. Osim ovih pojavljuju se vrlo često i vrste roda *Mucor* i *Botrytis*. Lako bi tko zapitao: „A odakle dođu te gljivice na voće i drugu hranu?" Na to možemo kratko odgovoriti: „Iz zraka". Rasplodne stanice tih gljivica, spore ili truske, vrlo

Sl. 130. Gljiva *(Collybia)* u čarobnom krugu (Po Mackou).

su malene, te ih svaki i najmanji vjetrić može u zraku nositi i držati. Eto, tako je i zrak pun tih gljivica. O tome se možemo uvjeriti i pokusom: Ukuhajmo sok zrele slatke kruške! Jedan dio toga soka neka se kuha u dobro zatvorenoj posudi neko vrijeme, dok ne uzavri, a drugi dio ostavimo u otvorenoj posudi na zraku! Nakon nekoliko dana opazit ćemo, da su se na površini soka u otvorenoj posudi stale razvijati plijesni, a u zatvorenoj je i iskuhanoj posudi sok ostao posve čist, jer su se sve eventualne truske, koje su se u soku nalazile, kod temperature od 100° C uginule, a kasnije nije ni jedna mogla doći u zatvorenu posudu. Ako slatki sok ukuhamo sa gelatinom, dobijemo krutu tvar, na kojoj se plijesni razvijaju u kolonijama, koje možemo brojati. Na taj način možemo i izračunati, koliko je klica iz zraka u nekom vremenu palo na hranidbeno umjetno tlo, t. j. koliko se klica nalazilo u nekom obujmu zraka. Za prikaz množine gljivnih klica u zraku donosim mjerenja nekoga Francuza, koji je istraživao zrak grada Pariza u pogledu na broj gljivnih klica. Po njemu u jednom kubičnom metru zraka ima klica



Slika 131. Plijesni. Lijevo *Mucor Mucedo*, u sredini *Aspergillus niger*, desno *Penicillium crustaceum*. Po Kerneru.

	u parku Montsouri	na trgu Saint-Gervais
zimi	145	1345
u proljeću	195	2275
ljeti	246	2500
jeseni	230	2185.

Takva statistička istraživanja dadoše dva zanimljiva rezultata. U prvom redu vidimo, da je neobično veći broj klica na bučnom i prometnom trgu, nego li u tihom i hladovitom parku; tako možemo reći, da je zrak u parku čišći od zraka u ulicama.

U drugom redu nalazimo, da je broj klicâ i na trgu i u parku zimi manji nego li ljeti.

Plijesni osobito ne izbiraju hrane; gdjegod ima samo tragova kakove organske tvari, evo i plijesni, da i to malo unište. Većina ih nije baš osjetljiva na organske i anorganske kiseline, te im mnoge upravo prijaju, primjerice četrunova kiselina. U laboratoriju su bakteriologijskom te plijesni često prava muka za istraživaoca.

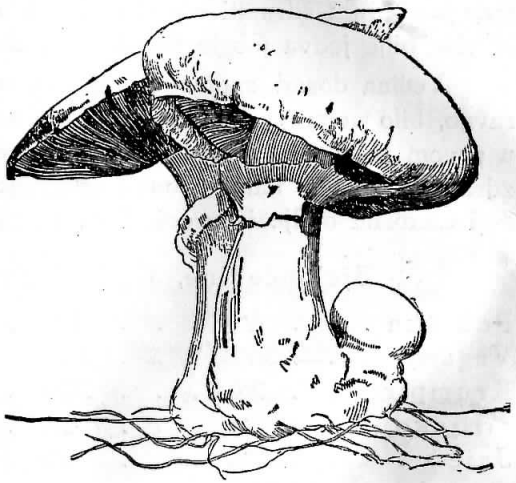
U prirodi ima te plijesni vrlo mnogo u svakom šumskom humoznom tlu, gdje pomažu rastvaranju organskih tvari. Tu su te gljivice pravi saprofiti, a kako ćemo poslije čuti, znadu se mnoge od njih združiti s višim biljem u tjesnu vezu, bez koje bi više bilje jedva moglo živjeti (mikoriza; pogl. 28.).

Većina dosad spomenutih gljiva naše su štetnice bilo izravno, bilo neizravno. No ima ih, koje su nam od velike koristi: u prvom redu sve poznate jestive gljive, koje su nam dobra i zdrava hrana; to nam najbolje dokazuje njihov kemijski sastav, koji donosim ovdje isporedivši ga s našom običnom hranom.

	Bjelančevine,	Ugljohidrati,	Masti,	Voda,	Soli.
Pečurka	4·9	3·6	0·2	8·9	0·8
Vrganj	36·7	34·8	2·7	12·8	6·4
Krumpir	2·0	20·9	0·1	74·9	1·1
Mlijeko	3·4	4·8	3·6	87·5	0·7
Jaje	12·6	0·6	12·1	73·6	1·1
Goveđe meso	21·6	—	4·5	72·2	1·1

Gljive sadržavaju dakle sva najvažnija naša hranila: bjelančevine, ugljohidrate i masti, sve razmjerno vrlo mnogo. Jedini je nedostatak taj, da su membrane gljiva, jer se sastoje od hitina, nešto teže probavljive nego li celulozne membrane, pa zato velik dio hranivosti propane. Iz svega toga proizlazi, da su gljive dobra i zdrava hrana, samo nam valja razlikovati jestive gljive od otrovnih. Stoga i ovom prilikom naglasujemo pravilo, da nema nikakva općenitoga vanjskoga znaka za raspoznavanje otrovnih gljiva od jestivih, nego treba svaku jestivu i otrovnu vrstu gljivnu dobro poznavati. A nije teško, nešto desetak gljiva raspoznavati po slikama i

opisu.[1] Uza sve to, što su jestive gljive dobra hrana, nije čovjeku još do danas uspjelo, da od njih načini kulturne biljke. Tome su razlog upravo životne prilike gljivâ, koje su još i danas u mnogočem nepoznate; izuzetak je pečurka *(Psalliota campestris)*, koja se dade umjetno uzgajati. Glavni uvjeti za kulturu jesu toplina, vlaga i izobilje organske hrane; zato obično rabi konjski gnoj, koji se miješa s ilovačom, a kulture se provode obično u podzemnim prostorima kod temperature od najmanje 10—12° C. Na priređena klila raspe se trus (spore) pečurke ili se sa zemljom pomiješaju cijeli komadići zrela plodišta. Takav se trus dobije već i u trgovinama, koje se na veliko bave sjemenjem. Nakon od prilike dva tjedna već se počnu gljivice na površini pojavljivati, a berba traje tada i preko 12 sedmica. Prvi su se stali baviti kulturom pečuraka Francuzi, i to osobito u okolici Pariza, a danas ne zaostaju mnogo njemačke kulture. Šteta je samo, da danas još ne poznamo kulture drugih još boljih jestivih gljiva.



Slika 132. Pečurka *(Psalliota campestris)*. Po Warmingu.

Još jednu osobito korisnu gljivu pozna čovjek danas u kulturi. To je kvasovac *(Saccharomyces)* (Slika 15.), koji služi, ako i ne izravno, a ono neizravno čovjeku za užitak. Kvasovci čine silnu porodicu s više rodova *(Zygosaccharomyces, Willia, Monilia, Hansenia, Pichia)*. Najobičniji od svih je *Saccharomyces cerevisiae*, koji uzrokuje alkoholno vrenje. Kvasovac je mikroskopski malena, jajasta stanica, u kojoj se redovno uz plazmu nalazi po jedna ili više vakuola sa staničnim sokom bez tipske jezgre. (Slika 15.).

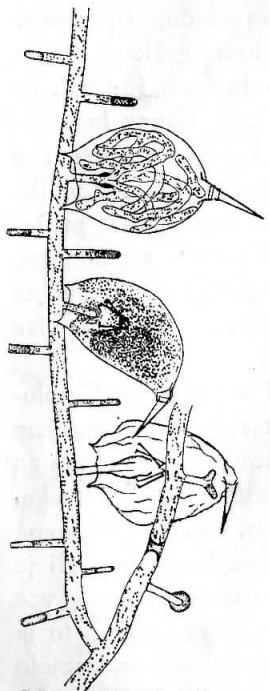
[1] Vouk Vale: Mali gljivar. Kratka uputa u poznavanje najobičnijih i najpoznatijih jestivih i otrovnih gljiva. Naklada L. Hartmanna, Zagreb 1917. — Michael Edmund. Führer für Pilzfreunde. 3 Bände. Zwickau.

Ta gljivica živi redovno na lišću i plodovima vinove loze, a kada se iz grožđa istisne sok (mošt), razmnože se ti kvasovci silno, i počnu ovdje svoje djelovanje pretvarajući grožđani slador u ugljični dvokis i alkohol ili žestu: ugljični dvokis izlučuje se ponajviše na površini, a alkohol ostane u vinu. Kada je mošt provreo, onda ima u njemu toliko žeste, da i kvasovci ne mogu u njemu živjeti i djelovati. Taj isti pojav vrenja zbiva se i kod pravljenja piva. Kao materijal za to služi slador, koji nastaje u sjemenu ječma, kada klija. U ječmenoj se sjemenci nalazi škroba, koji se za klijanja pretvara u slador, a ovaj se onda izlučuje i prepušta vrenju uz dodatak hmelja, koji služi samo onomu gorkom okusu. Negda se slad prepuštao spontanomu vrenju kao i mošt, no danas se sladu dodaju čiste kulture kvasovaca; danas ima već svaka oveća pivara po uzoru Danca prof. Hansena uređene laboratorije, u kojima se kvasovci umjetno goje, pače svaka velika pivovara goji svoju osobitu vrstu kvasovca, a to puno pridonosi okusu piva. U najnovije doba upotrebljavaju se umjetno kultivirani kvasovci i kod pravljenja vina, osobito u Njemačkoj na Rajni. Od pravih vinskih kvasovaca kultivira se ponajviše *Saccharomyces ellipsoideus*.

Svako alkoholno vrenje biologijski je pojav. Sa fiziologijskog je gledišta vrenje posve isto, što i disanje, jer se cijepanjem sladora dobiva slobodna energija, koju kvasovac upotrebljuje za ostale životne procese. Vrenje biva i bez atmosferskog kisika, a ipak se vrenjem stvara toplina kao i disanjem. Duže se vremena držalo, da je za vrenje potrebna živa stanica kvasovca, ali je u novije doba fiziolog Buchner našao, da se u stanici kvasovca nalazi fermenat ili encim, koji je on nazvao cimazom; to je zapravo pravi uzročnik vrenja; Buchneru je naime uspjelo pokazati, da i mrtve stanice kvasovca mogu tvoriti vrenje, ako u njima ima cimaze; vrenje je dakle kao disanje fermentativni pojav. Danas je poznato, da ne samo kvasovci, nego i neke plijesni mogu stvarati vrenje, n. pr. *Mucor*. Pojave slične alkoholnomu vrenju nalazimo i kod bakterija, o kojima ćemo u bližnjem poglavlju napose govoriti.

Među gljivama ima i takovih, kao što su plijesni, koje se mogu hraniti raznom organskom hranom, a zovemo ih „svežderi" (omnivora); druge su pak specijalisti, koje s hrane samo nekom

određenom hranom, a to su u prvom redu nametnice, koje žive samo na nekim domadarima. Skrajnji takovi specijalisti hranidbe jesu među višim biljem i mesožderke ili karnivora, od kojih poznajemo jednu jedinu zastupnicu i među gljivama. To je gljivica *Zoophagus insidians* (Slika 133.), koju je pred više godina (god. 1910.) našao kraj Graca mladi prirodoslovac Sommerstorff; no njemu taj nalazak bijaše prvi i posljednji, jer je kratko vrijeme zatim umro. Kasnije je ova zanimiva gljivica nađena ponovno u okolini Graca na više mjesta, a god. 1921. nađena je i u ribnjacima botaničkog vrta u Zagrebu (Gicklhorn)[1]. Osim ovih rijetkih nalazišta ove gljivice poznato je u botaničkoj literaturi još samo jedno nalazište iz okoline Pariza (Mirande). *Zoophagus* je malena mikroskopska gljivica, koja živi u vodi među algama. Građa micelija joj vrlo je jednostavna; sastoji se od jedne ravne hife; ona sa strane tjera pokrajne kratke ogranke, koji su se postavili baš okomito na hifu. Ti kratki ogranci na vršku su ljepivi i sluzavi, te služe kao lovke kojima gljivica vreba na svoj plijen, a taj sastoji gotovo sasvim od nekih kolešaca ili virnjaka *(Rotatoria)*, koje žive u svakoj ovećoj mlaci i bari. To su poglavito virnjaci sa čvrstim oklopom i sa kolešcem trepavica u ustima *(Monostyla, Colurus* i dr.). Virnjaci plivajući u vodi slučajno nabasaju na one kratke hife, zalete se na njih i zabuše upravo hifu u usta. Hoteći izbaciti iz usta hifu, ova se još dublje zabode i pošto je sluzava, to se počne razkvašavati. Virnjak se kuša sve jačim gibanjem izvući iz neprilike, no što se jače miče, to više podražuje hifu, koja sve više izlučuje sluzi. Sluz zahvati i one trepavice za gibanje, te im ponajprije onemogući gibanje, a konačno ih uništi. Tako virnjak iznemogne i ugine, a sada



Sliku 133. *Zoophagus insidians* sa uhvaćenim rotatorima u raznom stadiju.

[1] *Gicklhorn J.:* Studien über Zoophagus insidians. Glasnik hrv. prirodoslovnog društva. God. XXXIV. Sv. 2. 1922.

počinje hifa rasti u utrobi životinjice. Taj se naglo razgranjuje i onda ispuni unutarnjost životinjice, dok je posve ne izjede. Zanimljivo je i to, da u isti mah i glavna hifa intenzivno raste, dakle na račun izjedene životinjice; to bude pače tako brzo, da hifa u jednoj minuti naraste poprečno za 0·005 milimetara, a cijela pobočna lovka, koja je duga 0·02 milimetra, izraste posve za ciglih 15 minuta.

19. Iz života bakterijâ.

Bakterije smo već češće spominjali. I one pripadaju velikomu rodu gljivâ, a jer se ražmnažaju cijepanjem, zovu ih i gljive cijepalice *(Schizomycetes)*. Bakterije zauzimaju danas posebnu veliku granu biologije, koju zovemo bakteriologijom. Ona je danas vrlo opsežna nauka, o kojoj je bilo vrijedno napisati ne jedno poglavlje, nego cijelu posebnu knjigu[1], no u opsegu biologije bit će dosta, ako iznesemo ovdje samo nekoje znatnije pojave iz života bakterijâ, koje će nas upoznati s velikim značenjem bakterijâ za cijeli organski život na zemlji.

Glasoviti botanik Julije Wiesner uvijek bi u svojim predavanjima o bakterijama isticao ovo: „Bakterije mogu sve, one su svemoguće". U fiziologijskom pogledu doista je tako. „Njihovo glavno osobito svojstvo jest, da izlučuju kojekakve encime ili fermente, koje ne možemo analizirati i koji obavljaju najnevjerojatnije poslove. Tim encimima pripravljaju bakteriji sebi hranu: pretvaraju bjelančevine u peptone, rastapaju drvo, pretvaraju škrob u slador i uzrokom su gnjiloći, rastvaranju i vrenju. Svojim mnogostranim djelovanjem stvaraju bakterije i najrazličnije sporedne produkte, kojima se često od čuda, a često od straha divimo. Na taj način nastaju mliječna, octena i maslačna kiselina, pa žesta, kiselo zelje i pokvareni maslac; sve je to djelo nevidljivih tih organizama. Bakterije pripravljaju zemlju, čine tlo plodnim, gnjilećom i vrenjem uništuju mrtve i neupotrebljive tvari pretvarajući ih u upotrebljive. One vežu dušik iz zraka i tako budu pomoćnice bilja, a tako isto pomažu i kod probave životinja — u kratko: bakterije su za današnji život na našem planetu neuklonivo potrebni aktivni faktor u

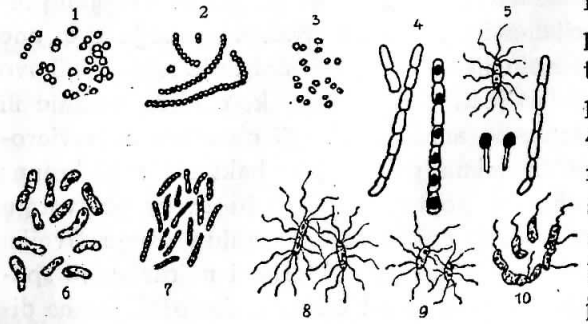
[1] A. Heinz. Kratka nauka o bakterijama. Zagreb, 1891. Od toga vremena pa do danas bakteriologija je silno napredovala.

sveopćoj izmjeni tvari". Evo, tako opisuje popularni pisac Francé svemožnost bakterija, a mi ćemo ovdje znatnije životne pojave bakterija napose upoznati.

Prije svega ćemo upoznati građu bakterija i bakterijskih stanica.

Bakterije su mikroskopski malene stanice različita oblika. Već oblikom razlikujemo ih nekoliko rpa. Okrugle oblike zovemo kokima *(Coccaceae)*, štapićaste bacilima ili bakterijama u užem smislu *(Bacteriaceae)*, vijkaste oblike spirilima *(Spirillaceae)*, a nitaste mikobakterijama *(Mycobacteriaceae* i *Chlamydobacteriaceae)*. I veličina je bakterija različna: bakterija srednje veličine mjeri i dužinu oko 5 μ, a u širinu oko 1 μ; ali ih ima i manjih i većih. Evo nekoliko primjera:

Spirillum parvum	debljina 0·1—0·3 μ;	—
Bacillus influenzae	„ 0·4 μ	dužina 1·2 μ;
Streptococcus pyogenes	„ 0·8 μ	—
Bacillus megatherium	„ 2·5 μ	dužina 10 μ;
Bacillus oxalaticus	„ 4·0 μ	„ 10 μ;



Slika 134. Razni oblici bakterija. 1 *Staphylococcus pyogenes*, uzročnik gnojenju rana; 2 *Streptococcus pyogenes*, uzročnik vrbanca; 3. *Diplococcus gonorrhoae*, uzročnik kapavca; 4 *Bacillus anthracis*, uzročnik bedrenice; 5. *Bacillus tetani*, uzročnik ukočenosti; 6. *Bacillus diphteriae*, uzročnik difterije; 7. *Bacillus tuberculosis*, uzročnik sušice; 8. *Bacillus typhi*, uzročnik tifa; 9. *Bacterium coli*, kolonbacil; 10. *Vibrio cholerae*, uzročnik kolere. (Po Fischeru).

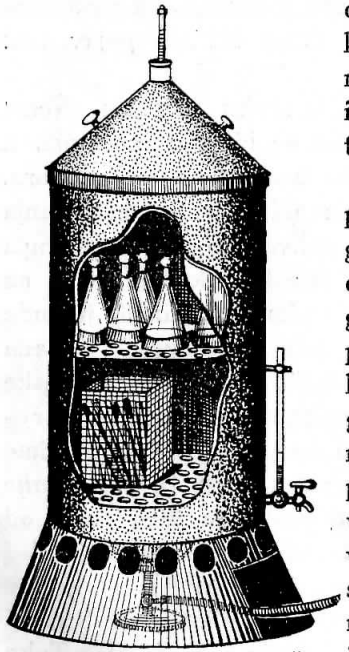
Kokâ ima često i po dva zajedno, a tada ih zovemo diplokoki, ili pak po 4 i više njih u svežnjima, na pr. t. zv. sarcina *(Sarcina)*. Nekoje imaju cilije ili bičeve na jednom kraju ili na oba *(Lophociliatae)* ili pak na cijeloj površini velik broj trepavica *(Circumciliatae)*.

Bakterije su svakako vrlo niske organizacije; vidi se to i po tom, da u stanicama nemaju još organizirane jezgre; o tom smo govorili već u poglavlju o stanici. Tek neki istraživači tvrde, da i u bakterijama ima one hromatinske tvari, koja je značajna za jezgru. Membrana se bakterijske stanice sastoji prema najnovijim istraživanjima od hitina, a to je ona ista tvar, od koje se sastoje i membrane gljivnih hifa. I u tome pokazuju bakterije srodnost s gljivama.

Bakterije se pojavljuju obično u kolonijama, i to u velikom mnoštvu, na stotine tisućâ i milijunâ. Takove kolonije imaju obično osobiti oblik, pa se po tome mogu i raspoznavati pojedine vrste. Bakterije rastu upravo nevjerojatno brzo, a kada pojedina doraste do neke veličine, cijepa se na dva dijela. Tako se primjerice izračunalo, da se uzročnik azijatske kolere *Vibrio cholerae* cijepa svakih 20 minuta. Bakterija, koja se svaka pola sata razdijeli jedamput, razmnoži u 24 sata 280 bilijuna individua. Razmnažanje i rastenje bakterija stoji kao i svaki drugi životni pojav pod utjecajem raznih vanjskih uvjeta.

Bakterije živu svagdje; u vodi, u zraku i u tlu. Nema jamačno mjestanca na ovoj zemlji, gdje ne bi bilo bakterija, a osobito gdje ima bilo kakove organske tvari, koja se rastvara. Bakterije su osim ostalih gljivica najglavniji uzročnici rastvaranja organskih tvari; danas znamo, da pokvareno meso i druga hrana postaje žrtvom bakterija. A odakle te bakterije dođu na inače dobru i nepokvarenu hranu? To pitanje zanimalo je ljude od nauke još prije nego su bakterije uopće bile poznate. A kada su otkrivali mikroorganizme kao uzročnike rastvaranju organske tvari, držala je većina istraživača ispravnom misao, da mikroorganizmi postaju spontano od organske tvari. Time je bio učvršćen temelj nauke o prastvaranju *(Generatio spontanea seu aequivoca)*. Ta nauka o postanku žive tvari od nežive zapravo je vrlo stara. Ta, još grčki filozofi, Aristotel i njegovi učenici, držali su, da žabe postaju od mulja, a stjenice od nečistoće, te se je takovo mišljenje vuklo još i u Srednji Vijek, kada je nauka bila u rukama liječnika i alkimista. Tako glasoviti liječnik van Helmont (od g. 1577.—1644.) piše još o jednom slučaju, gdje su miševi nastali od brašna u loncu. Noviji vijek upoznao je doduše, da svaka veća životinja nastaje od jajeta, ali je istom Talijan Spallanzani (god. 1776.) dokazao, da mikroorganizmi ne mogu nastati u organskim otopinama, ako

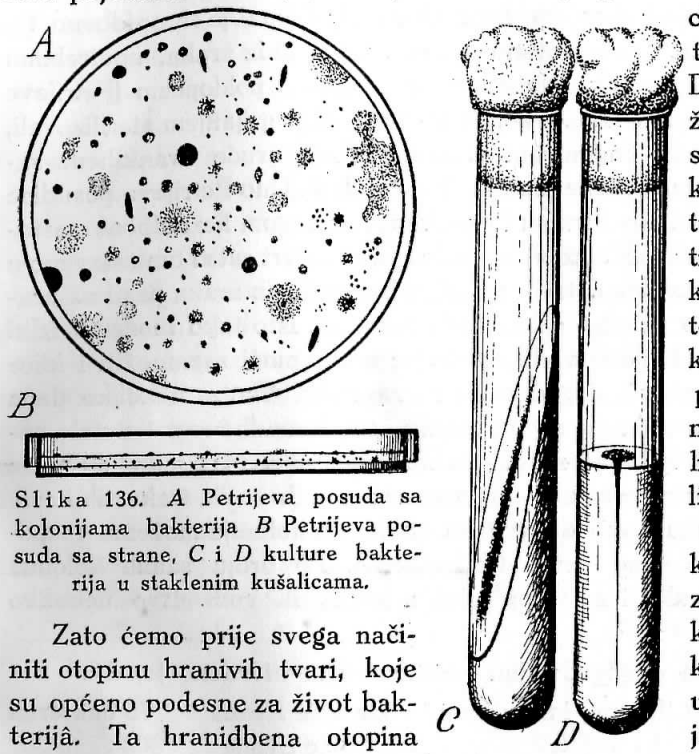
se posude, u kojima se nalaze, dobro zatvore i nakon toga iskuhaju. Kod ponavljanja toga pokusa često se dogodilo, da su se mikroorganizmi unatoč iskuhavanju i hermetičkomu zatvaranju pojavili; odatle je u naučnom svijetu nastala odlučna borba, kojoj je istom glasoviti Pasteur sa svojim eksaktnim pokusima učinio kraj. Pasteurova rasprava o tom predmetu izašla je 1862. godine u časopisu „Annales de Chémie et de Physique" i nosi natpis: „O organskim tjeleščima, koja se nalaze u atmosferi". U toj je raspravi dokazano, da mikroorganizmi ne mogu nastati u organskoj tvari, ako zapriječimo, da se u njoj razviju klice tih organizama, koje se inače nalaze u zraku. Mikroorganizmi ne bi prema tome mogli nastati spontano od nežive tvari. Činilo se dakle. da je time i nauka o prastvaranju za uvijek oborena. No nije nemoguće — tako kažu —, da organizmi zato ipak mogu nastati od nežive tvari, a možda još i danas postaju, ali uz kakove uvjete, to nam nije poznato.



Slika 135. Sterilizator. Šematski isječeno da se vidi unutarnji uređaj.

Pasteurovi su pokusi otvorili ujedno posve nove putove nauci o mikroorganizmima, jer je time bilo poznato, da se mikroorganizmi mogu uspješno gojiti u organskim tekućinama, koje smo prije toga učinili „sterilnima" uništivši kuhanjem sve eventulne klice. Od toga se vremena provodi i danas je općeno uvedeno, i u medicini i u tehnici poznato, sterilizovanje ili „pasterizovanje". Ovakovo „sterilizovanje" obavlja se u posebnim aparatima t. zv. sterilizatorima (Slika 135.) pomoću vrućih para. Takav sterilizator je zapravo veliki lonac, na čijem se dnu grije voda, a vodene pare ugrijane ispunjaju čitavi prostor lonca. Umjetna kultura bakterija počela je zapravo istom od onda, kada je Robert Koch, glasoviti bakteriolog, upotrijebio prvi želatinozno i čvrsto hranidbeno tlo za kulture, jer su se istom tako

mogle gojiti pojedine vrste bakterija napose u čistim kulturama. Tim „čistim kulturama" uspjelo je istom upoznati životna svojstva pojedinih bakterija, a to je bilo i ostaje glavnim temeljem cijele bakteriologije. Da prikažemo, kako se prave takove kulture, opisati ćemo u kratko metodički put, kako bismo primjerice mogli analizirati, koliko se bakterijskih klica nalazi u zraku, koji nas okružuje, ili u vodi, koju pijemo.



Slika 136. *A* Petrijeva posuda sa kolonijama bakterija *B* Petrijeva posuda sa strane, *C* i *D* kulture bakterija u staklenim kušalicama.

Zato ćemo prije svega načiniti otopinu hranivih tvari, koje su općeno podesne za život bakterijâ. Ta hranidbena otopina može imati ove rudne i organske tvari:

destilovane vode	1000 grama,
magnezijeva sulfata	0·25 „
peptona (topljive bljelančevine) . . .	10·00 „
glukoze (grožđanoga sladora)	5·— „

U ovoj otopini ima dakle od rudnih elemenata kalija, fosfora, magnezija i sumpora, a nema željeza i kalcija, kojih je trebalo za hranidbu zelene biljke s Knopovom otopinom. (Isporedi poglavlje 12.). Od organskih tvari treba bjelančevine i ugljohidratâ za hranu bakterijâ. Da po Kochovu receptu dobijemo kruto tlo, treba toj otopini još dodati ili 100 grama želatine ili 20 grama tako zvanoga agara. I taj je agar želatinozna tvar, koja se do-

biva od nekih morskih alaga (rodoficeje *Gigartina, Gracilaria* i dr.). Kada se sva ta hranidbena rastopina skuhala, pročistila i ocijedila, zatvori se u tanke staklenke s pamučnim čepom i dobro se sterilizuje kuhanjem kroz više sati. Time je hranidbeno tlo pripravljeno. Da uhvatimo klice iz vode ili iz zraka, upotrebimo posebne plosne okrugle staklene posude s poklopcem (Petrijeve posude. (Slika 136.), koje smo prije toga grijanjem sterilizovali, pa u njih oprezno ulijemo tanku naslagu vruće hranidbene rastopine, koja otvrdne, nakon što se ohladi. Dno Petrijeve posudice prekrito je tako krutom i prozirnom naslagom hranidbene rastopine. Otvorimo li takovu posudicu kroz četvrt sata i time stavimo u doticaj sa zrakom, tada će klice bakterijâ iz zraka pasti na hranidbeno tlo i počet će se tada razvijati. Isto tako možemo izliti na ovo tlo i nešto vode, te će se onda moći razmnožiti i klice iz vode, našavši pogodno tlo za razvitak. Već za nekoliko dana opazit ćemo, da su se na inficiranom hranidbenom tlu stale popojavljivati kolonije raznih bakterija, a i gljivicâ: jedne su bijele i okrugle, druge smeđe i navorane; ima ih žutih, trakastih i svih boja i oblika, tako da već po obliku tih kolonija možemo raspoznavati pojedine vrste tih bakterija. Po broju samih kolonija možemo suditi i na broj klicâ u zraku ili vodi. Evo nekoliko primjera:

Prema dugogodišnjim istraživanjima utvrđeno je, da:

rijeka Rona (Rhône) ima u 1 cm.³ vode					više Lyona	75	bakterija
„	„	„	„	„	niže Lyona	800	„
„	Spreva (Spree)	„	„	„	više Berlina	4.300	„
„	„	„	„	„	niže Berlina	98.400	„

Drugi primjer: bakteriologijska analiza tla iz okolice Potsdama glasi ovako:

Dubina u metrima:	Broj nađenih bakterija u 1 cm³ tla:		
	27. svibnja:	15. lipnja:	3. studenoga:
0 (na površini)	159.000	140.000	55.000
0·5	200.000	140.000	75.000
1	2.000	1.000	7.000
2	2.000	1.000	100
3	3.000	700	1.500
4·5	100	100	0

Množina je bakterija dakle u raznoj dubini tla različita, a tako isto i u razno godišnje doba.

Još treći primjer. U jednom kubičnom centimetru mlijeka kod temperature od 15·5° C nalazi se po prilici

nakon	4 sata	34.000	bakterija
„	9 sati	100.000	„
„	24 sata	400.000	„

Kako već rekosmo, ima bakterija svagdje, pa čak i kao stalnih stanovnika u čovječjem želucu.

Iz kultura na Petrijevoj posudi lako se mogu baterije precijepiti svaku za sebe u sterilizovane kušalice na isto takovo hranidbeno tlo. Tako dobijemo potrebne čiste kulture bakterija (Slika 136. C i D.)

Većina bakterija pravi su saprofiti, koji gotovu dušičnu i ugljičnu hranu primaju iz raznih organskih tvari. No ima ih velik broj i pravih nametnika, koji su opasni neprijatelji svim živim bićima, a ponajviše samomu čovjeku. Spominjem od njih samo nekoje važnije uzročnike raznih bolesti, kao:

Bacillus influenzae . . .	uzročnik	influence,
Diplococcus pneumoniae .	„	upale pluća,
Mycobacterium tuberculosis	„	sušice ili tuberkuloze.
Bacillus typhi	„	tifusa,
Gonococcus gonorhoae .	„	kapavca ili tripera,
Spirochaete pallida . .	„	sifilisa,
Vibrio cholerae	„	kolere.

Ima pače bakterija, koje i na bilju stvaraju bolest, kao što je gnjiloća repe, koju prouzrokuje *Bacillus Bussei*, ili gnjiloća zumbulova lišća, za koju je našao profesor Heinz kao uzročnika *Bacillus Hyacinthi.*[1]

Većina tih saprofitskih i nametničkih bakterija dobiva dušičnu hranu ponajviše od raznih bjelanjkastih spojeva; no ima ih među bakterijama i takovih, koje mogu za hranu upotrijebiti i dušične soli, pače i sam atmosferski slobodni dušik. Tako su svagdje u tlu vrlo raširene bakterije *Clostridium Pasteurianum* i *Azotobacter chrocooccum*, koji mogu i slobodni atmosferski dušik vezati i upotrebiti za hranu. Ovoj osobitoj rpi bakterija pripadaju

[1] Heinz: Zur Kenntniss der Rotzkrankheiten der Pflanzen. Centralblatt für Bakteriologie und Parasitenkunde. V. 1889.

i neke osobite bakterije, koje žive u korijenju svih lepirnjača; o njima ćemo govoriti napose na drugom mjestu.

Kao temeljni biologijski aksiom postavili smo prije stavak, da jedina zelena biljka može svijetlom i hlorofilom asimilirati atmosferski ugljik. No bakterije krše sva biologijska pravila, te ih ima i takovih, koje se mogu hraniti atmosferskim ugljikom; one su prema tome izuzetni autotrofni organizmi, koji pače ne trebaju za to ni svijetla, a kamo li možda hlorofila. Danas poznajemo već nekoliko takovih autotrofnih bakterija. Prva i najvažnija rpa njihova važna je i zanima nas još i u drugom pogledu.

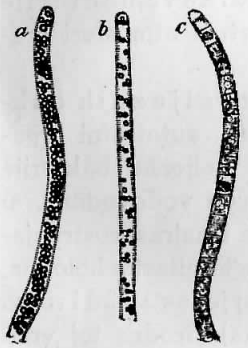
Dvojica istraživača, Schlösing i Müntz, načiniše još godine 1877. ovaj zanimljivi pokus. Kroz dugu cijev, dugu od prilike jedan metar, koja je bila napunjena pijeskom, filtrovala se voda rastopljenim amonijevim solima. Analiza filtrata pokazala je, da su u njemu bili samo nitrati, te su se dakle amonijeve soli u cijevi pretvorile u nitrate. To se moglo dogoditi samo oksidacijom amonijevih soli u nitrate; taj pojav zovemo nitrifikacijom. Ako je cijev prije pokusa bila ugrijana na 110° C., t. j. sterilizovana, nitrifikacije nije bilo; to je dokaz, da pri nitrifikaciji rade organizmi, a ruski znameniti bakteriolog Vinogradski dokazao je, da to čine bakterije. Taj proces oksidacije amonijevih spojeva u dušične soli zbiva se u tlu neprestance, te je, kako se danas općenito misli, i ona silna množina salitre u Atacama-pustinji republike Chile samo djelo nitrifikacijskih bakterija, koje su nekdašnje silne naslage guana, one naslage ekskremenata morskih ptica, pretvorile u salitru. Dokazano je u novije doba, da u tlu žive dvije rpe bakterija, od kojih prve, nitrosobakterije *(Nitrosomonas europaea, N. javanensis, Nitrosococcus)*, pretvaraju amonijak u dušičnatu kiselinu, a nju pretvaraju ili oksidiraju istom nitro-bakterije *(Nitrobacter)* u dušičnu kiselinu, i to po ovoj shemi:

1. $2NH_3 + 3O_2 = 2HNO_2 + 2H_2O$,
   amonijak + kisik = dušičnata kis. + voda
2. $2HNO_2 + O_2 = 2HNO_3$
   dušičnata kis. + kisik = dušična kiselina.

Slobodna dušična kiselina spaja se tada s kovinama kalijem ili natrijem u salitru.

Ta nitrifikacija neka je vrsta biologijske oksidacije, dakle isto što i disanje. Slobodna energija, koja se kod toga izgaranja dobiva, upotrebljava se za asimilaciju atmosferskog ugljika. Vinogradski je naime dokazao, da te bakterije mogu živjeti u otopini, u kojoj nema nikakovih ugljikovih spojeva — dakle primaju ugljik iz zraka. Iste bakterije imaju veoma znatnu zadaću u izmjeni tvari, a pogotovu u kolanju dušika.

I druga vrlo zanimljiva rpa autotrofnih bakterija dobiva energiju za asimilaciju ugljika na vrlo osobiti način biologijskom oksidacijom. To su bakterije, koje nastavaju vode, u kojima ima sumporovodika, n. pr. na dnu mlakâ i barâ, gdje se stvara sumporovodik, ili osobito u sumpornim vrelima. Ove sumporne bakterije pripadaju posebnoj biologijskoj rpi bakterija, tako zvanih *Thiobacteria*, koje su značajne po tome, što u svojim stanicama imaju sumpora. Najobičnija porodica jesu bedžatoaceja *(Beggiatoaceae)* sa rodovima *Beggiatoa* i *Thiothrix*. To su i više centimetara duge bakterije, oblika dugih niti, koje su sastavljene od dugog niza kratkih stanica; u svakoj se stanici nalazi po nekoliko kapljica čista sumpora. Dugo je bilo zagonetkom, odakle taj sumpor u živoj stanici, dok nije i to pitanje riješio Vinogradski. Njemu je uspjelo dokazati, da te bakterije spaljuju sumporovodik u sumpor i vodu; sumpor se taloži u stanici, te konačno opet izgara do sumporne kiseline. To se zbiva po ovoj shemi:



Slika 137 Sumporna bakterija *(Beggiatoa alba)*; *a* puna sumpora, *b* sa manje sumpora, *c* bez sumpora. Po Vinogradskom.

1. $2H_2S + O_2 = 2H_2O + S_2$,
   sumporovodik + kisik = voda + sumpor
2. $2H_2O + S_2 + 3O_2 = 2H_2SO_4$
   voda + sumpor + kisik = sumporna kiselina;

Sumporna kiselina, koja biva slobodna, obično čini s vapnom sadru ili gips. Najnovija su istraživanja pokazala, da sumporne bakterije mogu živjeti u posve čistim rudnim otopinama bez i trunka ikakve organske tvari, dakle na račun ugljične kiseline iz zraka.

I u nas ima ovećega broja tih zanimljivih bakterija. Tako sam u sumpornim toplicama Sv. Jeleni (Šmidhenovo kupalište) kraj Samobora našao oveću količinu sluzavih i bijelih niti u svim odvircima kupališta, pa sam utvrdio, da se sastoje od sumporne bakterije *Thiothrix nivea.* I u Smrdećim Toplicama kod Tuhelja u Zagorju ima tih bakterija, ali one pripadaju vrsti *Beggiatoa leptomitiformis.* U Varaždinskim Toplicama, koje imaju u vodi mnogo sumporovodika, nema mnogo sumpornih bakterija, i to baš zato, što je množina sumporovodika prevelika.[1]

Ima i jednostavnih sumpornih bakterija, koji se gibljù cilijama, n. pr. *Thiospirillum Winogradskyi* ili *Chromatium Okennii;* taj posljednji pripada rpi grimiznih bakterija *(Rhodobacteria),* koji su omašćeni crveno (bakteriopurpurinom).

Treću rpu autotrofnih bakterija čine vodikove bakterije *(Bacterium vitreum* i *flavum),* koje mogu živjeti u atmosferi praskavoga plina (smjesa vodika i kisika).

Ovom prilikom spominjemo i osobitu rpu željeznih bakterija, za koje su prije također držali da su autotrofni organizmi, no poslije se dokazalo, da nijesu. Te željezne bakterije žive svagdje u močvarama, barama, vrelima i vodovodima, u kojima ima oveće količine željeza. Najobičnija i najrasprostranjenija vrsta je *Leptothrix ochracea* građena od dugih nitastih kolonija, koje su omotane posebnim sluzavim tokom. Taj je tok smeđ i rđav, a to potječe od željeza (željeznog oksidhidrata). Srodna toj vrsti je *Crenothrix polyspora,* koja se vrlo često pojavljuje u vodovodnim cijevima u tako silnoj množini, da se cijevi začepe. Inkrustacija željezom imala bi po Vinogradskom nastati izgaranjem kao kod ostalih biologijskih oksidacija, no Molisch je poslije pokazao, da te bakterije mogu živjeti i bez željeza, te ovo nije prijeko potrebno za život, premda je značajno.

Velika većina bakterija treba za život kisika kao i sve druge biljke; ali ih ima i takovih, koje ne samo ne trebaju atmosferskoga slobodnog kisika, nego im ovaj škodi razvitku. To su tako zvane anaerobne bakterije, među koje se broji i spomenuti već *Azotobacter.* Te bakterije dišu tako, da potrebni kisik dobiju rastvaranjem raznih organskih spojeva (intramolekularno

[1] Vouk V. Biološka istraživanja termalnih voda Hrvatskoga Zagorja. Prirodoslovna Istraživanja. Sv. 8.

disanje). To je po prilici isto što i alkoholno vrenje. Ima i bakterija, koje stvaraju razna vrenja. Pojav skisavanja mlijeka takovo je neko vrenje, a uzrokom mu je bacil mliječnoga vrenja *(Bacillus acidi lactici);* vrenje se sastoji u tome, da se mliječni slador pretvara u mliječnu kiselinu, ova se pak maslačnim bacilom *(Clostridium butyricum)* pretvara u maslačnu kiselinu. I taj pojav neko je vrenje, koje biva anaerobno, t. j. bez sudjelovanja atmosferskog kisika.

Građom takova bakterijskoga vrenja mogu služiti razne organske tvari, kao: slador, škrob, celuloza, drvo, masti, mokraća i t. d., a kao i kod svakog disanja i vrenja stvara se pri tome toplina. Poznat je pojav, da se stajsko gnojište može ugrijati i preko 60°, tako da se upravo puši kao da će izgorjeti. Ova toplina potječe od silnoga izgaranja organskih tvari, koje neumorno obavljaju bakterije. I pojavu, da se svježe sijeno može samo od sebe upaliti, uzročnici su bakterije. To su ponajviše osobite bakterije, koje mogu živjeti istom za visokih temperatura (termofilne bakterijì) od 50—85° C; ujedno je to i najviša toplina, kod koje mogu bakterije živjeti. To doduše ne vrijedi za trajne rasplodne stanice bakterijâ, za spore, koje mogu duže vremena izdržati temperaturu od 130° C. I u termalnim vrelima žive neke bakterije kod visoke temperature. Tako je Prof. Gjorgjević otkrio u Vranskoj Banji jednu bakteriju *(Bacillus thermophilus Jivoïni)* kod temperature od 50·5° C., i drugu jednu *(Bacillus Losanitchi)* kod temperature od 83° C.[1]

Osobito svojstvo bakterija jest i stvaranje raznih boja. Tako *Bacterium prodigiosum* stvara osobito na kruhu boju crvenu kao krv, on je uzročnik čuda o „krvnim kapljama" na hostiji. *Micrococcus haematodes* pojavljuje se kod ljudi od nečistoće i pod pazuhom, te je isto tako crven kao krv; zato je često bio uzrokom o kojekakvu pripovijedanju o „krvavom znoju". *Micrococcus violaceus* je ljubičast, *Micrococcus cinnabarinus* crven je kao rumenica, *M. luteus* je žut, *M. pyocyaneus* modar, a *Bacillus fluorescens* se preljeva zelenom bojom.

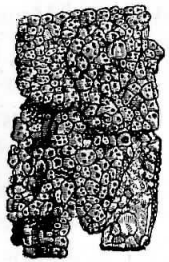
Preraznolikost bakterijskoga života upravo je neiscrpna, pa bismo mogli još mnogo vrlo zanimljivo donijeti o njima: no držimo,

[1] Dr. P. Gjorgjević: *Bacillus thermophilus Jivoïni i Bacillus thermophilus Losanitchi.* Glas srpske Akademije. Knj. 83.

da i ovo nekoliko crtica iz njihova života dostaje, da pokaže, da njihovo izučavanje i poznavanje treba poseban studij, tako zamašan, da se njime i jedan stručnjak općenito ne bavi: medicinar, veterinar, gospodar, tehnik i botanik, svaki od njih izabrao je sebi za izučavanje posebnu rpu bakterija, s kojima ima u svojoj struci dodira.

20. O lišajima.

Posljednju rpu steljnjača ili talofita čine lišaji. Svojim oblikom ili rasplodnim organima naliče lišaji na gljive, premda su ih dugo vremena držali posebnim plemenom biljnoga carstva, koje nema nikakve veze o ostalim plemenima. Danas je pak nedvoumno dokazano, da su lišaji doista prave gljive, koje su se udružile s algama u zajednicu, čineći tako poseban nov individuum.

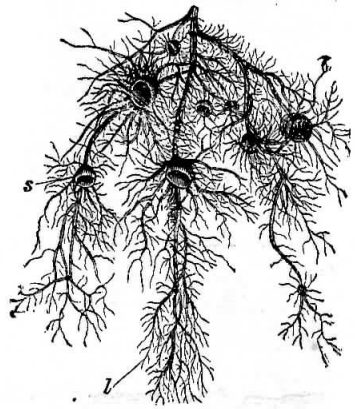


Slika 138. *Pertusaria communis*. lišaj koraš.

Lišaja ima mnogo raznih oblika. Neki su poput kore prevukli drveće ili kamenje, sivi su i zelenkasti; to su lišaji koraši, od kojih spominjem kao najobičnije žuto-zeleni lišaj *Xanthoria parietina*; njega ima osobito na voćkama, a i na drugom drveću. Drugi su se pak razvili poput malih grmića, tako zvani grmaši; od njih spominjem islandski lišaj *Cetraria islandica*, koji je rasprostranjen po svoj Evropi, a služi u ljekarstvu s imenom *Lichen islandicus*; među ove grmaše možemo ubrojiti i bradati lišaj *(Usnea barbata)*, koji raste na granju crnogoričnoga drveća, a ima oblik brade. Treći tip čine lišaji listaši, koji imaju lisnatu steljku, n. pr. na tlu vrlo obični lišaj *Peltigera canina* ili plućni lišaj *Lobaria pulmonaria*, koji oblikom naliči na pluća, te su ga nekada u vračarstvu upotrebavljali za plućne bolesti. Osobiti tip čine još gelatinozni lišaji; u suhom stanju ovi su lišaji tvrdi, a u vlažnom su poput drhtaline meki.

Prerežemo li i motrimo li lišaj pod mikroskopom, vidimo, da je građen od samih isprepletenih hifa, među kojima se nalaze zelene stanice od alaga. Da su te zelene stanice doista alge, upoznao je prvi Francuz Bornet, a Nijemci Stahl i Schwendener to isto dokazaše. Te alge, koje nalazimo u lišajima, zovemo gonidije; one pripadaju raznim porodicama, ponajviše

iz plemena cijanoficeja *(Nostocaceae, Scytonemaceae, Rivulariaceae* i *Chroococcaceae)*. Stahlu, a poslije i mnogim drugim istraživačima uspjelo je izlučiti ih iz steljke lišaja i napose gojiti, a time je individualnost njihova dokazana. A isto je dokazano i za gljivu. Što više, u najnovije je doba uspjelo rastavljene te družice opet spojiti, pa od njih postade lišaj. Takovu tijesnu životnu zadrugu zovemo simbiozom; u biljnom carstvu poznajemo takovih slučajeva mnogo, te ćemo se njima u kasnijem jednom poglavlju baviti napose.



Slika 139. Bradati lišaj *(Usnea barbata)*.

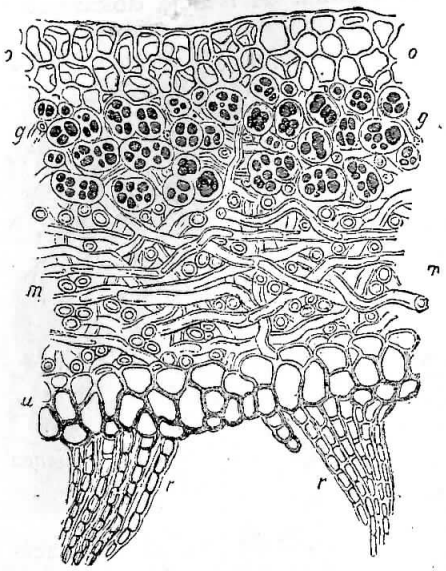
Ovdje nas zanima drugo znatno pitanje. Čemu su se naime ove dvije biljke udružile u tu zajednicu? Jamačno ima svaka od njih od toga zajedničkog kućanstva svoju korist. Za gljivu je jasno, da kao heterotrofni organizam nalazi korist u tome, što od zelene alge dobiva gotovu hranu, koju je alga asimilacijom priredila. Gljiva dobiva tako na laki način ugljičnih tvari, koji su joj za hranu potrebni; alga pak nalazi u čvrstom oklopu gljivnih hifa dobru zaštitu, a po svoj prilici dobiva od gljive i dušikove spojeve, koje bi ona sebi inače teže pribavljala. I jedan i drugi član ima dakle od toga zajedničkog života korist.

Premda nam se u prvi mah čini, da je ta zajednica skladno i idealno društvo, to smo se možda, rekavši to, i prenaglili; nije li možda gljiva sa svojim micelijem u neku ruku nametnica na algi, pa živi na njen račun te je doduše ne uništuje, ali joj zato uskraćuje slobodu i razvitak po miloj volji, držeći je robinjom? Warming zato i zove taj snošaj gljive prema algi helotizam. Da li je to tako ili je taj snošaj prava simbioza, teško je odlučiti; stoga je i najprikladnije, da se taj osobiti snošaj za sada zove lihenizam.

Analiza i sinteza alge i gljive u lišaju jedan je od najdivnijih pokusa, što ih poznaje biologija novoga doba.

Lišaji su sa svojim životnim zahtjevima vrlo skromni: ne trebaju mnogo vode, izdrže i sušu i vlagu, i zimu i vrućinu, a

a da im ništa ne naudi. Stoga i rastu ondje, gdje inače malo koja biljka može uspijevati. Tako u najsjevernijim arktičkim krajevima, na Grönlandiji, u zemlji Samojedâ i na skandinavskim fjeldima prekrivaju lišaji prostrane poljane na stotine kilometara, te pomiješani s mahovima čine vegetaciju tako zvanih tundara. A gdje od teških životnih prilika prestaju mahovi, živu još samo lišaji *(Cetraria, Cladonia, Evernia)*, sve dok vječni led ne uguši svaki i posljednji tračak bilinskoga života.



Slika 140. Presjek kroz steljku jednoga lišaja *(Sticta fuliginosa)*: *o* kora na gornjoj strani, *u* kora na donjoj strani, *g* gonidije alaga, *m* gljivne hife, *rr* rizoidi za pričvršćenje na supstrat.

Vrijedno je još napomenuti, da su neki lišaji čovjeku i korisni. Ponajviše rabe za dobivanje boja; od lišajeva *(Roccella* i *Lecanora)* dobiva se kemiji dobro poznati „lakmus", a napose *Roccella tinctoria*, koja raste na obalama Atlantskog oceana, a osobito na Kanarskim otocima, služi za pravljenje orseille-crvenila; u arktičkim krajevima služe lišaji za krmu marvi, a i za hranu ljudima; osobito je hraniv spomenuti islandski lišaj *(Cetraria islandica)*, od kojega se pače može i kruh peći. Šteta samo, što lišaji tako polako rastu; dok jedan lišaj izraste nekoliko centimetara, prođe i desetak godina.

V. Odnosi bilja prema okolini.

(Ekologija bilja.)

Nauka o razvoju ili descendenciji organizama posve je oborila zastarjelo mišljenje o nepromjenljivosti vrstâ. Osnovno biologijsko pravilo, koje je postavio osnivač sistematske botanike Linné, a glasi: „species tot numeramus, quot diversae formae in principio creatae sunt" — „toliko ima vrsta, koliko je od početka stvoreno različitih oblika" danas više ne vrijedi; danas znamo, da se svaki organizam, svaka i najmanja biljčica, mijenja i razvija već prema prilikama, u kojima živi. No ta promjena zbiva se nevidljivo tijekom stoljeća, tako da je ne možemo izravno motriti. Vanjski životni uvjeti i faktori, kao što su voda, toplina, svijetlo, tlo i t. d., djeluju doduše vrlo često i naglo na promjenu biljnoga oblika i života, no takove su promjene prolazne i ostaju bez ikakva utjecaja na potomstvo. Među biljkom i vanjskim svijetom, t. j. okolinom biljke, postoji osobiti sklad, koji smo nazvali enharmonijom; biljka se može prilagoditi promjenama toga enharmonijskog odnosa. To je svojstvo prilagođivanja u isti mah jedno od najznatnijih svojstava živih bića.

Proučavanjem tih enharmonijskih odnosa i utjecaja izvanje okoline na živa bića, a napose na bilje, bavi se posebni dio botaničke nauke, koju zovemo ekologijom bilja (oecologia — οἶκος = kuća, okolina); taj dio botanike zovemo ujedno i biologijom u najužem smislu. Ekologija je prema tome i nauka, koja nas uči o raznim prilagodbama bilja okolini i njenim faktorima. No teško je u nekim slučajevima razlikovati fiziologiju od ekologije, jer jedna i druga ispituju utjecaj raznih životnih faktora na organizme. Razlika je zapravo u tome, da fiziologija izučava odnose nekih izvanjih faktora okoline, n. pr. topline, vlage, vode, tla, svijetla na pojedine životne pojave, a pri tome ispituje uzroke tih odnosa; ekologija naprotiv više motri

odnos cijele biljke prema tim faktorima, gledajući pri tome na oblik kao na prilagodbu s gledišta svrhovitosti.

21. Toplina je uvjet bilinskoga života.

Svaka biljka živi u nekim granicama temperature, kojima se prema prilikama prilagodila. Svatko zna, da paome i drugo tropsko bilje ne podnose naše zime, pa ih zato kod nas gojimo u toplim staklenicama. Svaka klima ima svoju floru i vegetaciju, koja se toj klimi prilagodila. Najhladniji dosada poznati krajevi jesu u Sibiriji, te je u Jakutsku n. pr. najniža temperatura—62° C, a u Verhojansku i —64° C; pa ipak ima u tim krajevima još i drveća, koje izdrži tu tako nisku temperaturu; u arktičnim krajevima znade vladati studen od —46° C., a ipak je izdrže mahovi i lišaji, koji su ondje gotovo jedina vegetacija. Sjemenke, koje se nalaze u mirovanju, mogu pače po istraživanju De Candollea i Picteta izdržati i temperature od 80° C. a da pri tome ne izgube svoje klijavosti.

Krajnja gornja granica temperature, uz koju je biljni život još moguć, prelazi temperaturu vrelišta, a to vrijedi za truske ili spore bakterija, koje su vrlo otporne. Ima ih, n. pr. *Bacillus subtilis*, koji izdrži i 140° C. Kao najviša temperatura, uz koju je vegetativni biljni život još moguć, opažali su se u gajzirima Yellowstone-parku u Americi 85° C; uz tu temperaturu ima još alaga na životu, a najpovoljnija njihova temperatura je 50° C. Osim tih topličnih alaga ima i nekih gljivica *(Actinomyces thermophilus, Thermomyces lanuginosus, Thermoascus aurantiacus)*, koje žive redovno uz temperaturu od 60—70°. I lišaji su navikli visokim temperaturama, o čemu nas upućuje Kerner von Marilaun: „Lišaji koraši, koji su se prihvatili gologa kamenja krša u Istri i Dalmaciji, izloženi su za vedrih ljetnih dana kroz više sati temperaturi od 50—60° C., a da im to nimalo ne škodi. Maunališaj *(Lecanora esculenta)* ugrije se kao i kamen, na kome je pristao u pustinji, često na 70° C., a da ne ugine. Tako su isto na 60° do 70° C. ugriju i razne sjemenke na površini pijeska pustinje. Najveća temperatura, koja se dosad opažala na površinskim slojevima tla blizu ekvatora na postaji Chinchoxo na obali Loanga, bila je 75—84° C. A za kišâ ima tu ipak jednogodišnjicâ, koje su izdržale te visoke temperature.

Više biljke ili sjemenjače izdrže s vegetativnim organima poprečno najvišu temperaturu od 45°, ali temperatura od 50° C. djeluje u kratko vrijeme ubitačno; prema pokusima botanika Sachsa ginu duhan, repica, kukuruz, buća, dragoljub već za 10 minuta kod temperature zraka od 51° C. No biljke u tropskim krajevima mogu zato ipak izdržati i jači sunčani žar. Apsolutne najveće temporature mjerile su se primjerice u Kalkuti 41·1° C., u Benaresu 47·8°C., a u Lahore-u 50·9°; uz takovu temperaturu zraka ugrije se lišće i na 60° C; Askenasy je mjerio u Alpama temperaturu na lišću čuvarkuće *(Sempervivum alpinum)* od 52° C. Ali nije dosta, da mjerimo temperaturu zraka, nego valja da mjerimo i temperaturu tla; to je osobito znatno za hladne arktičke krajeve, gdje bi nas samo mjerenje temperature zraka moglo zavesti i do krivih zaključaka. Tako je primjerice u Pittlekai-u 8. srpnja 1879. u 10 sati prije podne zabilježena temperatura zraka 6·8° C., na površini tla 14·5° C. a u dubini od 10 centimetara čas i 23° C.; Kerner bilježi u Alpama za visinu od 2.200 metara razliku između temperature zraka i tla 3·6° C. Tlo je dakle uvijek toplije od zraka. Stoga nam je i razumljivo, zašto su biljke arktičkih i alpinskih krajeva ponajviše niska stasa i rasta. Najčešći im je oblik kao jastučući, koji su se privinuli uz tlo, n. pr. alpinske biljke *Androsace helvetica, Silene acaulis, Potentilla nitida* i dr. I u polarnim krajevima ima mnogo jastučastih oblika; Kjellmann, poznati nordijski istraživač, spominje za najsjevernije azijske krajeve od 23 ukupne biljne vrste njih 13, koje imadu oblik prave polukuglje; najznačajnija je biljka među njima *Draba alpina*. A i grmlje i drveće u visokim gorama ima nizak stas: to znade i svaki planinar, kojemu je poznata klekovina *(Pinus pumilio)* i alpinska ruža *(Loiseleuria procumbens)*, pa niska borovica *(Juniperus nana)*; to su patuljci, koji imaju oblik zakržljalih individua, pa su se sa svojim granjem priljubili toploj majčici zemlji.

Zavisnost biljnoga života o toplini opažamo osobito u umjerenim krajevima, gdje se s dolaskom zime sprema cijela vegetacija na počinak; čim lišće otpane, prestanu i biljni sokovi kolati biljnim tijelom, a u isti mah prestane i apsorpcijsko djelovanje korijena. Poradi niskih temperatura, koje dolaze zimom, prelazi biljka u „zimski san". Tako se od izmjene toploga i

hladnog doba izmjenjuje i u vegetaciji bujni život i mirovanje; mnoge biljke završe pače svoj život u jednoj godini (jednogodišnjice). U tropskim krajevima, gdje kroz cijelu godinu vlada jednolična vlaga i toplina, buji vegetacija kroz cijelu godinu, a jednogodišnjice su rjeđe: i u arktičkim krajevima, gdje je vegetacija vezana na vrlo kratki topliji period od nešto tri mjeseca, ima vrlo malo jednogodišnjica, a razlog je tome taj, što za biljku ima opasnosti, da u to kratko vrijeme uopće ne dozre. Stoga su biljke u arktičkim predjelima ponajviše trajne zeleni s dobro razvitim podankom ili pravim korijenom. K tome pridolazi još i ta osobitost, da se flora za kratkoga topla doba neobično brzo razvija: Kjellman opisuje to ovako; „Polarnim putnicima dobro je poznato, da se suhozemska flora nakon zime kao kakovom čarobijom probuđena trgne iza sna, te se zaodjene u ljetno ruho. Ondje, gdje se još koji dan prije tumaralo preko hladnih i pustih snježnih poljana i smrznutoga tla, već se za nekoliko dana pretvorilo jednolično snježno bjelilo u raznoliko obilje boja šarenoga biljnog svijeta. Biljni svijet umjerenih predjela ima vremena; ondje se razvila proljetna, ljetna i jesenska flora. U polarnim je krajevima sve to drugačije. Sve bilje oživi tu s jednakom brzinom i čovjeku se upravo čini, kao da se polarne biljke natječu, koja li će se razviti brže". No uza svu tu brzinu mnoge od njih ne dospiju, da završe svoj razvitak. „Arktički kraj za nastupa zime naliči ponajviše kojemu južnijem predjelu, kojega je nenadani žestoki mraz opustošio još prije nego što je nastala zima. Mnoge biljke stoje tad još s promrznutim, zdravim lišćem, s nabujalim pupoljcima i s napola dozrelim plodovima. Dok su još bili u naponu svoje životne snage, ubi ih kruta studen".

Isto to vrijedi i za visoko alpinsko bilje, među kojim ima, kako već rekosmo, vrlo malo jednogodišnjica, po Kerneru tek nešto 4 %. A i ove su značajne po svom neznatnom i sitnom stasu, n. pr. *Gentiana tenella, Euphrasia minima, Ranunculus pygmaeus*. Schröter, opisujući život biljnoga svijeta u Alpama, kaže o njima ovo: „Na tim jednogodišnjicama vidi se jasno, kako se moraju da požure, da još za kratkoga alpskoga ljeta izvrše svoju zadaću, Na maloj sitnoj stabljičici sjedi obično po jedan razmjerno veliki cvijetak". Općena značajka alpskoga bilja jest

skraćeni vegetacijski period, kratko cvjetanje i rano zrenje. To opet čini toplina jakoga sunca.

Ovdje nam valja spomenuti još jedan zanimljivi pojav u alpskim sniježnim visinama, koji se dovodio u odnos s toplinom. U snijegu se naime vrlo često nalaze rupe, iz kojih napolje vire biljke. Tako se krasnica među alpskim biljem s plavim zvonastim cvjetićima *Soldanella alpina* izdiže obično iznad sniježnoga pokrova, pa se oko biljčice snijeg otopi. Taj se pojav tumačio tako, da biljka svojim disanjem stvara toliko topline, da se snijeg unaokolo otopi; danas tumače, da to nije tako, jer se snijeg otapa isto tako i blizu mrtvih biljnih organa. Snijeg dakle propuštâ toplinu, pa kažemo, da je dijaterman: ako se dakle u snijegu nalazi kakav predmet, to ovaj upija zrake sunčane, a od toga se na tome mjestu snijeg topi.

Fizikalni nas pokusi uče, da crvena tjelesa jače upijaju zrake topline negoli druga. Biolog Stahl sudi po tome, da crvena boja lišća, koja se pojavljuje jeseni, ima poglavito tu svrhu, da upija crvene, tople sunčane zrake; Kerner o tome misli drugačije, pa veli, da ono crvenilo služi kao neki zastor protiv svijetla zato, da se očuva hlorofil; no to je za jesenje crvenilo manje vjerojatno. Ali nije ovdje naša zadaća, da o tome odlučujemo; mi možemo samo uglaviti činjenicu, da se crvena boja pojavljuje ili kod veoma niskih temperatura, n. pr. u Alpama, ili kod vrlo intenzivnog svijetla.

Biljke se mogu i priučiti hladnoj ili toploj klimi, dadu se kako kažemo, aklimatizirati. Nije čudo, da smokva raste i u nas izvan primorja, premda rijetko donosi ploda, a cvijeće naših vrtova znalo bi nam pripopijedati o svojoj toplijoj domovini. To privikavanje klimi ili toplini moguće je samo u nekim granicama. Jedna je biljka vrlo osjetljiva na promjenu temperature (stenotermna), a druga se (euritermna) privikne i većoj razlici temperature.

22. Suša, vlaga i voda prema životu bilja.

Što znači voda za život biljke, to smo već prije upoznali. Znamo, da biljka bez vode ne može živjeti. Množina vode, koja je potrebna za život bilja, vrlo je različna, te zavisi o potrebi pojedine biljke i o prilikama, u kojima biljka živi. Bilje, koje živi

u vodi — vodeno bilje ili hidrofiti — ne može živjeti na suhom, jer treba mnogo vode; drugo bilje živi samo na vlažnu tlu i u vrlo vlažnoj atmosferi a to su higrofiti; ima pak i takova bilja, koje može živjeti na vrlo suhu tlu, tako bilje u pustinjama i u pustopoljinama. Tu posljednju rpu bilja, koje se prilagodilo životu uz malo vode, zovemo kserofitima. Sve ove tri biologijske rpe bilja pokazuju neke osobine organizacije i građe svoga tijela, po kojima odmah raspoznajemo, kojoj li od tih rpa pripadaju. Te su osobine ujedno i prilagodbe biljke životu s raznom količinom vode, a te su prilagodbe i nastale uz taj utjecaj. Higrofiti i kserofiti upravo su krajnji tipovi s obzirom na potrebe vode, u sredini među njima stoje mesofiti. Prikaz osobina pojedinih tih biologijskih tipova najbolje će nam prikazati općene odnose biljke prema vlazi i vodi.

Kserofiti *(Xerophyta).*

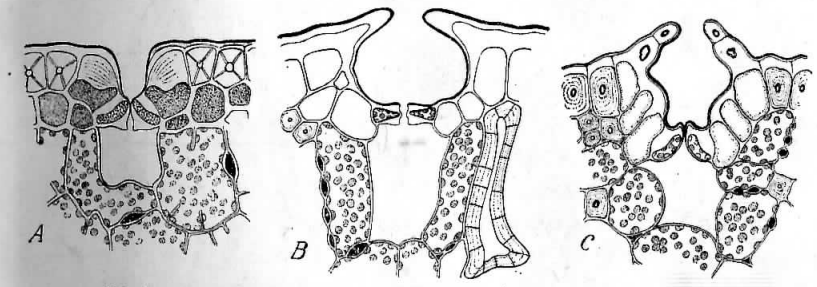
Kserofiti su one biljke, koje živu, kako već rekosmo, u prilikama, koje ih sile, da vrlo ekonomski postupaju s ono malo vode, koju sebi mogu dobaviti. Prva je zadaća takova bilja ta, da zapriječi isparivanje ili transpiraciju. Ovo prvo načelo provedeno je u građi biljke upravo do skrajnosti dosljedno. Tako su nastale razne kserofitne prilagodbe. Drugo je životno načelo kserofitâ to, da ono malo vode, koju sebi mogu dobaviti, spreme za crne dane, kada u njihovoj okolini gotovo posve ponestane vode. Stoga kod kserofitnoga bilja i nalazimo osobitih spremišta za vodu.

Da bolje označimo one životne prilike, uz koje ti kserofiti žive, donosimo riječi Humboldtove, kojima se opisuju pustopoljinske nizine. „Kada se od okomitih zraka sunca, koje se nikad ne naoblači, izgorjela trava raspe u prah, raspuca se i suha zemlja, kao da ju je potres potresao. A kad se k tome još uzvitlaju zračne struje, zadobije ravnica čudan vid. Oblaci praha puzaju po površini zemaljskoj i uzdižu se poput pare u vis, te naliče na vodeni vijor, kojega se iskusni mornari toliko boje. Mutno i žućkasto polusvijetlo spustilo se preko te pustoši, a obzorje se sve više primiče pritiščući pustopoljinu i dušu putnikovu. Topli zrak povećava još jače nesnosnu vrućinu zemlje, koja se obavila prahom, a istočnjak mjesto ohlađenja donosi

novi žar. Nestaje onih malih lokvica, koje su uzdržavale paome od posvemašnjega osušenja. I životinje se ukoče kao na ledenom sjeveru, krokodil i udav drijemaju zakopavši se u suhi pijesak. Suša navješćuje svagdje smrt." Takove prilike vladaju dakle u tim krajevima za dugoga suhoga doba. Bilje, koje to suho doba može preživjeti, mora se doista zadovoljiti s malo vode. U pravim pustinjama vladaju još teže prilike za vodu, te nije čudo, da ima pustinja, u kojima nema nikakva bilinskoga života. I baš u tim pustinjama vidimo, kako je bilinski život zavisan o vodi, jer gdjegod ima i malo vode, tu ima već i biljnoga života.

Nije mi ovdje zadaća, da crtam vegetaciju suhih krajeva, tek hoću da iznesem neke zajedničke oznake bilja, koje živi u tim krajevima.

Kao krajnji tip pravih kserofita promotrimo oblike u porodice kakteja *(Cactaceae)*, kojima je domovina mehičko visočje

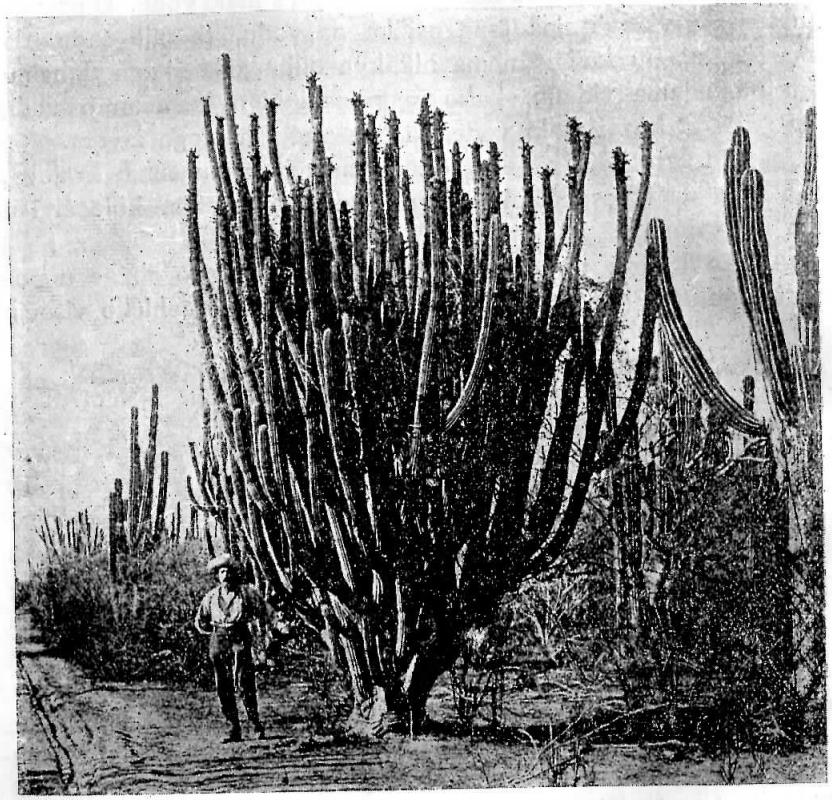


Slika 141. Puči u kserofitâ. *A Pinus, B Hakea, C Dioon.*

u Srednjoj Americi! Ima ih velik broj rodova, od kojih su najobičniji *Cactus, Cereus, Phyllocactus, Mamilaria.* (Slika 142.) Površina im je malena, kora debela, prekrivena bodljikama i dlakama te debelom kutikulom. Unutra su ispunjeni mesnatim i sluzavim ili vodenim staničjem.

Oznaka tih kserofita bila bi prema tome ova: 1. umanjivanje ili redukcija površine; 2. odebljanje epiderme; 3. dlakavost; — 4. glatka površina, eventualno prekrivena voskom; — 5. položaj i građa puči. Iste te oznake imaju i mnoge druge biljke, među kojima se ističu osobito tustike *(Crassulaceae)*; zovemo ih i sukulentnim biljem, jer imaju mesnato lišće, n. pr. babji tobolci *(Sedum*-vrste*)* ili čuvarkuće *(Sempervivum*-vrste*)*. Dlakavost je vrlo značajna svim kserofitima, te je razvijena osobito

kod alpinskog bilja, n. pr. u runolista *(Leontopodium alpinum)* i u bilja naših primorskih krajeva. Dlakavost ima poglavito da zaustavlja isparivanje, a to je načelo najbolje provedeno građom. puči. Puči kserofitâ imaju obično vanredno odebljale zapornice, koje leže udubljene pod epidermom. Svaka puč ima obično nad



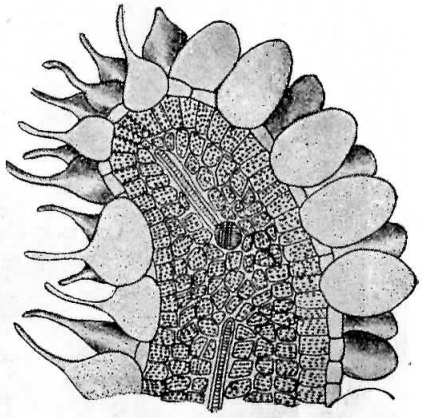
Slika 142. Stepa kaktusâ *(Lemaiocereus Thurberi)* kod Todos Santosa u Kaliforniji. (Po fotografiji A. Heima u djelu Vegetationsbilder von Karsten und Schenk.)

sobom udubinu, zovemo je predvorje (Slika 141.); što su puči položeni dublje, to je bilika izrazitiji kserofit.

Kserofitnomu tipu pripada i flora oko Sredozemnoga mora, flora mediteranska; njezinu području pripada i naše Primorje, pa primorski krajevi Dalmacije s otocima. Najznačajniji su kserofitni

tipovi tih krajeva sklerofilne biljke s tvrdim i kožnatim lišćem, koje je često još i dlakavo. To je bilje kožnato od odebljale epiderme i vrlo jake kutikule; takove su n. pr. česvina *(Quercus Ilex)*, uljika *(Olea europaea)*, mrča *(Myrtus italica)*, zelenika *(Phyllirea media)* i drugi mnogi grmovi i drveće. Značajno je za njih, da su zimzeleni, te zimi ne odbacuju lišća, a stoga i moraju biti tako građeni.

Kserofilnomu bilju pripadaju i vrijesovi *(Calluna i Erica)*, kojih obično ima u većoj množini, čineći t. zv. vrištine. Vrijesovi se odlikuju ljuskavim i malenim lišćem, a to možemo držati kserofilnom oznakom. Taj pojav zovemo mikrofilijom; mikrofilne biljke čine prema tome poseban tip kserofitâ.

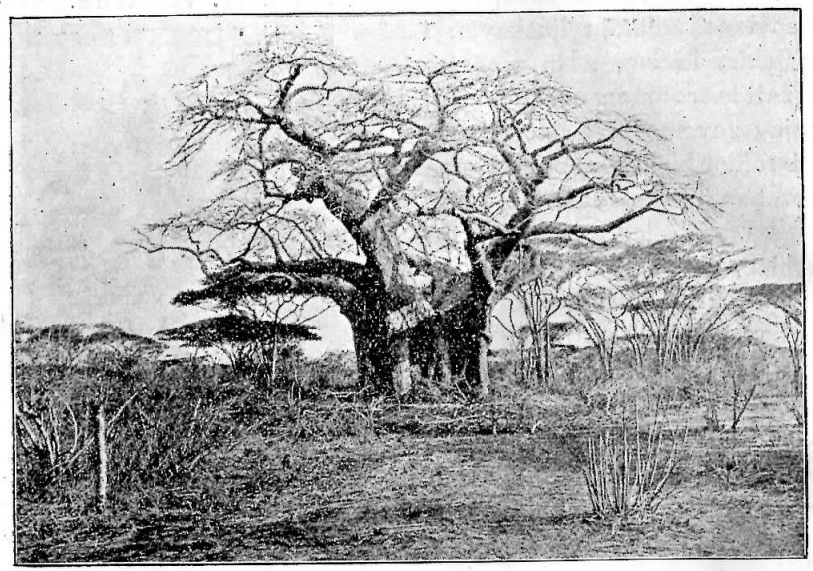


Slika 143. *Mesembryanthemum crystallinum.* Prerez kroz list sa izbočenim epidermnim stanicama, koje služe kao spremišta za vodu. Po Volkensu.

I nepregledne prave pustopoljine, koje su se protegle od južne Rusije cijelom središnjom Azijom, imaju kserofitnu floru. Pustopoljina je silna livada, koju nastavaju poglavito trave; od njih su najrasprostranjeniji rodovi *Stipa, Elymus, Avena, Festuca, Sesleria* i dr. U tih je trava obično vrlo usko lišće, koje se obično za sunčane pripeke i za suše sklopi i po sredini smota; time se zaustavlja isparivanje kroz puči, koje se redovno nalaze na donjoj strani lista. To su prema tome prave kserofitne trave.

I u polarnim krajevima kao i u alpskim nalazimo kserofitnih tipova, a poglavito na staništima, koja su izložena vjetru, Kjellmann, poznati istraživač polarne flore, opisuje ih ovako: „Lišće je ponajviše kožnato, tvrdo i vrlo jako kutinizovano, no često i ljuskasto ili iglasto i mesnato. Puči su sakrite pod dlakama ili su prevučene voskom; u travâ je lišće smotano, a razgranjenje je izdašno, od česa prevladava jastučasti oblik. Nema dlakavosti, koja je u alpskim predjelima veoma razvijena." Sve su to dakle opisane prilagodbe tipskoga kserofitnoga bilja.

Osobiti tip kserofitne prilagodbe jesu biljke s vodenim spremištima, kakovih imaju n. pr. *Mesembryanthemum*-vrste u obliku izobličenih epidermnih stanica (Slika 143.), a najznačajnije drvo afričkih pustopoljinâ odnosno savanâ, baobab *(Adansonia digitata)* (Slika 144.), ima 1 do 2 metra u promjeru debelo stablo, koje je mesnato, a predstavlja nam veliko vodeno spremište. I neki tropski epifiti, n. pr. orhideje i bromelije, imaju u zračnom korijenju takova spremišta za vodu („velamen radicum"); uza sve to,



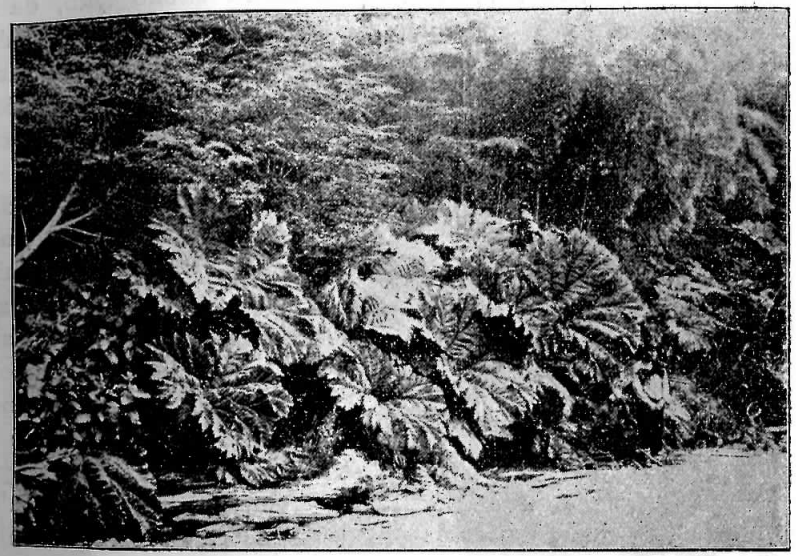
Slika 144. Baobab *(Adansonia digitata)* u afričkoj savani. Po fotografiji W. Bussea.

što te biljke žive u vlažnim krajevima, možemo ih ipak u neku ruku držati kserofitima, jer svu vodu dobivaju ponajviše samo iz zraka; bromelije imaju pače na površini lišća osobite žlijezde-sisaljke, kojima upijaju kišu. U egipatsko-arapskoj pustinji je Volkens našao pače bilja, koje može upijati i atmosfersku vlagu; *Reamouria, Tamarix* i *Frankenia*-vrste izlučuju naime posebnim žlijezdama neku higroskopsku sol, koja upija vlagu. I za ovu uredbu možemo reći da je osobita kserofitna prilagodba. Interesantno je konačno spomenuti, da ima kserofitnih prilagodbi, na kojima ne vidimo nikakove morfološke osobitosti. Tako n. pr. na

oko nježne klice mnogih paprati mogu izdržati dulje vremena potpuno osušenje, a ipak ne uginu, te imaju prema tome neku unutarnju kserofitnu konstituciju (Horvat).[1]

Higrofiti *(Hygrophyta).*

Higrofiti su biljke vlage, kojima je na dosegu obilje vode, te prema tome žive u prilikama oprečnima posve od prilika kse-



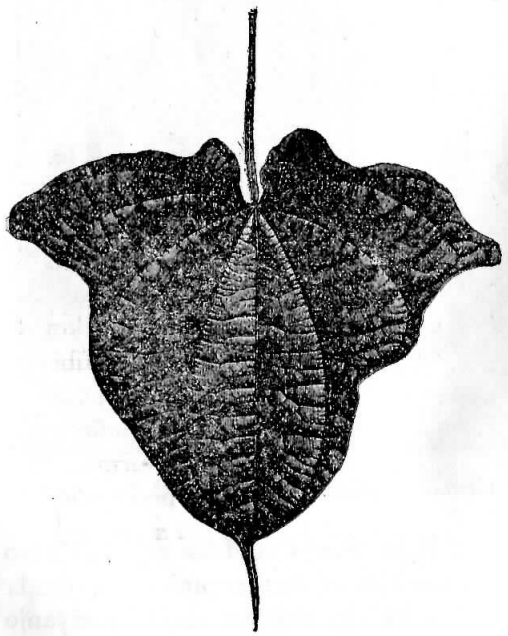
Slika 145. *Gunnera scabra.* Po Miguli.

rofitâ. I upravo stoga, što te biljke imaju suviška vode, životno im je nastojanje, da se toga suviška riješe: organizacija, građa i život tih higrofita idu za tim, da što više povećaju isparivanje (transpiraciju). Zato i higrofitne prilagodbe nastoje poglavito, da povećavaju isparivanje.

Upoznali smo kserofite i njihovu organizaciju za umanjivanje površine; u higrofita nalazimo upravo protivno načelo građe, da se površina biljke što više poveća. To nam potvrđuje poglavito flora tropskih vlažnih krajeva, gdje vlaga uz toplinu vlada kroz cijelu godinu jednoliko. Paome, banane, araceje i drugo bilje,

[1] Horvat I.: Gametofit paprati *Phyllitis hybrida* i *Ceterach officinarum.* Rad jugosl. akademije knj. 226., 1921.

koje nastava te krajeve, ima neobično veliko lišće s velikom i širokom plojkom. Glavni faktor, koji uvjetuje tu veličinu lista, vlaga je, a ta je u tim krajevima upravo silna. Sama srednja godišnja oborina je 200—400 centimetara, a može biti i preko 1.000 cm.; poprečna je dnevna vlaga u zraku 80%, a jutrom i večerom je zrak upravo zasićen vodenim parama. U južno-američkim prašumama živi uz potoke i bare *Gunnera scabra* (Slika 145.), koja ima lišće u promjeru 2—3 metra široko tako, da i jahač s konjem može pod njim naći zaklona. U našoj flori sjeća nas na tu biljku repuh *(Petasites officinalis)*, koji također ima razmjerno silno veliko lišće, ako raste uz obale potoka i bara.



Slika 146. List jedne dioskoreje *(Dioscorea macrura)* sa šiljkom na kraju.

I anatomijska građa pokazuje uredbe protivne od kserofitne; puči nijesu udubene, a ni dlakama zaštićene, nego su što više izbočene na površini lista, koja obično sja, a voda se nje ne prihvaća, pače neko tropsko bilje ima šiljat vršak, koji služi za odvođenje vode, n. pr. *Dioscorea macrura* (Slika 146.) ili *Ficus elastica*. Tako isto pospješuje odvođenje vode i baršunasta površina lista, kakovu imaju poglavito mnoge tropske biljke.

Higrofiti su se već po svojoj prirodi priučili kiši, a Wiesner je upravo pokusima dokazao, da podnose kišu, te ih stoga i zove ombrofilnim biljem, dok kserofiti ne podnose kišu kroz duže vremena, a prema tomu ih Wiesner naziva ombrofobnim biljem.

Mnogi higrofiti izlučuju vodu u obliku kapljica na površini lišća; taj pojav nazivamo gutacijom; upoznali smo ga u poglavlju 14.

Prema tome su najvažnije higrofitne uredbe ove: 1. povećavanje površine organa za pojačanje isparivanja; — 2. odvođenje vode ili kiše s površine lista; — 3. izlučivanje vode kapljicama (gutacija); — 4. povećavanje međustaničnih prostora u organima radi olakšanja isparivanja.

Higrofiti i kserofiti nijesu uvijek građeni po svom tipskom obliku, nego prema prilikama, imaju li više ili manje vode na dohvatu. Tako većina bilja, koje žive u umjerenim krajevima, proživljava jedan vlažniji period, a jedan suši. Schimper je to bilje nazvao tropofitima. U tu biologijsku rpu broji se primjerice listopadno drveće naših krajeva, koje ljeti ima karakter higrofitski, a zimi kserofitni.

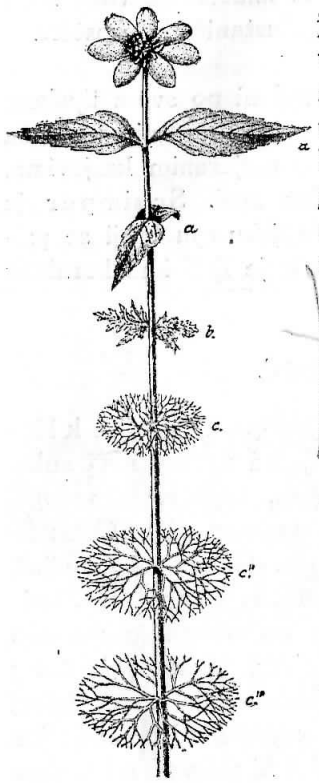
Hidrofiti *(Hydrophyta)*.

Hidrofiti su prave vodene biljke. Prelaz od higrofita k hidrofitima čine one biljke, koje mogu živjeti i u vodi i na suhu. To su tako zvane amfibije među biljem, kojih nema mnogo. Takove su amfibije n. pr. vrlo obične morske alge *Catenella Opuntia*, koja živi u pojasu mlata morskoga, dokle dopiru najjači morski valovi, i *Fucus virsoides*, ona obična smeđa alga, koja raste na rubu mora po kamenju. Među mahovima je amfibija sitna *Riccia fluitans*, a među paprâtima *Isoetes, Pilularia, Salvinia*; među sjemenjačama našlo bi se mnogo više amfibija, a spominjem ovdje n. pr. vodenu heljdu *(Polygonum amphibium)* i kornjačicu *(Alisma Plantago)*. Pravo vodeno bilje živi ili posve pod vodom („submerzno") ili pak asimilacioni organi njihovi plivaju na površini vode. U svakom su slučaju životne prilike tih hidrofita u mnogočem drugačije negoli u kopnenoga bilja.

Prvi i najvažniji momenat je taj, što hidrofiti imaju na dohvatu neograničenu množinu vode, a uza to je oteščana oskrba kisikom, dok imaju pod vodom i manje svijetla nego li kopnene biljke. Nadalje su im još znatni životni faktori, koji dolaze u obzir: prilično jednolika temperatura bez naglih promjena, množina rudnih soli, koje su u vodi otopljene, i samo gibanje vode; svaki od tih navedenih faktora djeluje na svoj način.

Vodenomu je bilju osobito povoljan položaj za hranidbu vodom i rudnim tvarima. Posljedica uživanja te obilne hrane jest

ta, da se vodeno bilje razvija neobično bujno i u velikim množinama. Za primjer spominjem vodenu kugu *(Elodea canadensis)*, koja je pravi korov u rijekama; jednaki je korov u tropskim i subtropskim krajevima *Pontederia crassipes*, koja također znade biti zaprekom brodarstvu. Obično u silnim količinama ima i drugih vodenih biljaka, na pr. *Myriophyllum, Ceratophyllum, Callitriche, Lemna*, a u morima alge, n. pr. laminarije u Njemačkome moru. Većina vodenoga bilja s toga bujnoga vegetativnoga razmnažanja izgubila je spolan rasplod; *Elodea* se n. pr. razmnaža samo vegetativnim rastenjem, a *Lemna* ima vrlo male i neznatne cvijetke, koji se rijetko kada razviju.

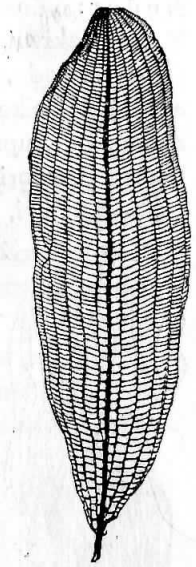


Sl. 147. *Bidens Beckii*, 1/2 prirodne veličine *a* zračno lišće, *b* prelazno lišće, *c* vodeno lišće. (Po Goebelu).

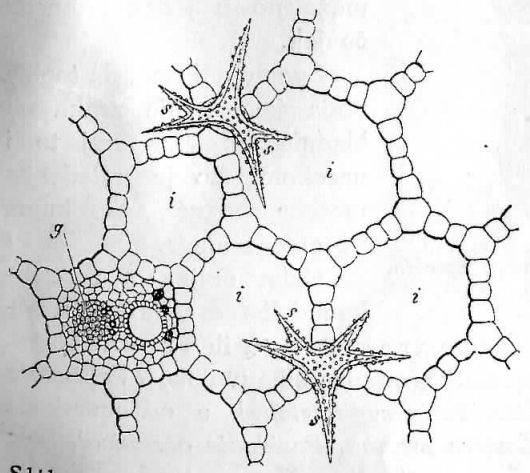
Život bilja u vodi ima posljedak taj, da je provodni ili vodovodni sustav žila postao posve suvišan, te je stoga općeno za sve vodene biljke značajno, da imaju posve zakržljao ili reduciran sustav žilja. Tako primjerice *Ceratophyllum* nema uopće nikakovih vodovodnih cijevi, a neke vodene biljke nemaju ni sustava korijenja normalno razvijena *(Lemna, Salvinia)*; naprotiv nam je za čudo činjenica, da mnoge vodene biljke *(Elodea, Vallisneria,, Myryophyllum, Potamogeton)* ne mogu primati rudnih soli iz vode kroz lišće, nego samo korijenjem iz tla.

Drugi osobito važni momenat u životu vodenoga bilja oskrba je kisikom ili zrakom; u vodi ima zraka razmjerno malo, a i ta mala količina zavisna je o temperaturi i o atmosferskom tlaku. Omjer kisika, dušika i ugljičnoga dvokisa u zraku je 21 : 79 : 0.004, omjer tih plinova n. pr. po istraživanjima prof. Forela za Ženevsko je jezero 33·9 : 63·8 : 2·2. Kisika i ugljičnoga dvokisa ima u vodi još uvijek vrlo malo. Što je voda toplija, to je i ova količina kisika u vodi manja. Vodene dakle biljke

mogu se u vodi služiti samo s vrlo malo kisika. K tome pridolazi još i to, što su puči kao organi za izmjenu plinova neupotrebljive u vodi, te ih vodene biljke ni nemaju; kisik i ugljični dvokis mogu one primati samo kroz površinu. Pošto je dakle množina kisika u vodi malena, to su vodene biljke riješile problem obskrbe kisikom tako, da povećavaju po mogućnosti svoju površinu slično kao što to čine i životinje, koje u vodi dišu škrgama. Načelo povećavanja površine za obskrbu kisikom i ugljičnim dvokisom dovelo je do rascjepkanoga lišća, koje je osobito značajno za vodeno bilje *(Myriophyllum, Ceratophyllum, Ranunculus fluitans)*. Mnogi hidrofiti pokazuju dapače sve prelaze od rascjepkanoga vodenog lišća do normalno razvijenoga plosnoga zračnog lišća, kao n. pr. *Ranunculus fluitans, Cabomba aquatica, Bidens Beckii* (Slika 147.). Građevni princip rascjepkanosti organa nalazimo osobito proveden kod alaga, n. pr. kod *Cladophora* od slatkovodnih alaga, pa rodovi *Ceramium, Callithamnion. Polysiphonia* i dr. od crvenih alaga. Osobito zanimljiv oblik mrežastoga lista, u kojega je također provedeno načelo uvećavanja površine, pokazuje tropska biljka *Ouvirandra fenestralis* (Slika 148.).



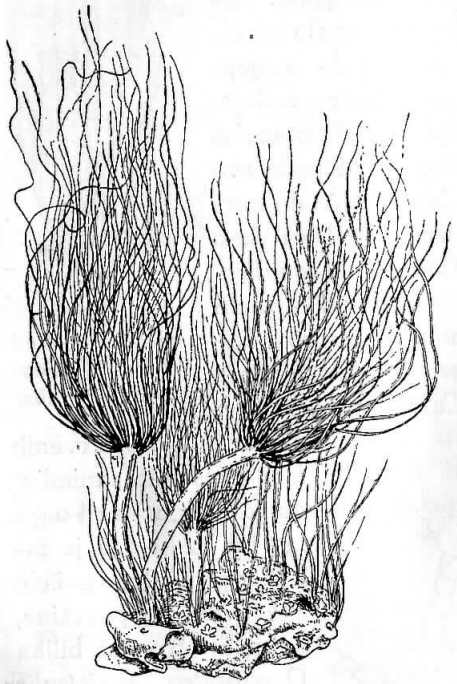
Sl. 148. List od biljke *Ouvirandra fenestralis*.



Slika 149. Prerez kroz stabljiku lokvanja (*Nuphar luteum*), i intercelularni ili međustanični prostori (Po Nathansonu).

Isto načelo uvećavanja površine provedeno je i u unutarnjosti vodenog bilja; hidrofiti imaju još više međustaničnih prostora nego higrofiti; staničje im je posve rahlo i ispunjeno

velikim intercelularnim prostorima (Slika 148). S pravom kaže Neger: „Značilo bi upravo prirodi dati slabu svjedodžbu, kada bi se očekivalo, da vodeno bilje nastoji, da kisik sebi osigura samo iz vode, ne našavši baš nikakav drugi način, da doskoči nestašici kisika. Jasno je, da lišće, koje se nalazi na zraku, ima zadaću, da upije obilje kisika iz atmosfere." A oni silni intercelularni prostori, koji su se razvili po svoj biljci poput kakova sustava cijevi, služe kao spremišta zraka. Taj cijevni sustav možemo nazvati i sustavom za disanje. I podzemni organi močvarnoga bilja imadu ovakov prozračni sustav; zovemo ga i aerenhimom. I samo drvo može biti građeno od aerenhima; u tropskoj Africi raste takovo drvo *Elaphroxylon*, što znači „pjenasto drvo", je jer građeno od aerenhimskoga staničja. To je drvo tako lagano, da cijelu splav od takova drva može može nositi jedan jedincati čovjek.



Slika 150. Podostema *Dicraea apicata* iz Indije. (Po Warmingu).

Spomenuli smo, da toplija voda ima manje zraka od hladnije. Neger drži to i uzrokom, što je u ledenim morima moguća tako bujna vegetacija alaga.

Osim oblika s rascjepkanim lišćem nalazimo u vodenoga bilja još i oblik lišća trakastoga ili vrpčastoga. Kao primjere navodim od slatkovodnoga bilja uvijušu *(Vallisneria spiralis)* ili sagitariju *(Sagittaria sagittaefolia)*, a od morskoga bilja „morske trave" *(Zostera marina, Posidonia oceanica)*, koje žive i u Jadranskome moru čineći velike podvodne livade, a pripadaju porodici mrestnjača *(Potamogetonaceae)*. Trakasti oblik lišća nije građen toliko po načelu povećanja površine,

koliko po načelu mehaničkom; ono se lako previja, pa time lakše odoljeva gibanju vode.

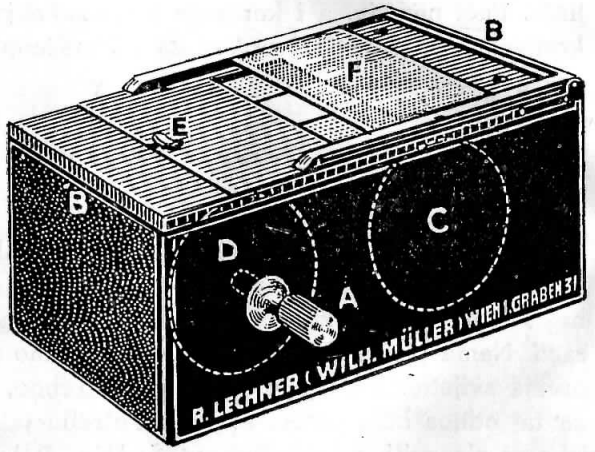
Kao osobiti tip biljnoga života u vodi možemo konačno spomenuti porodicu podostemâ *(Podostemaceae.* Sl. 134.), koje žive samo u brzicama i slapovima tropskih krajeva Staroga i Novoga Svijeta i o kojima kaže Neger: „Te neobične biljke upravo su karikature među biljnim stvorovima; s njima pada svako iskustvo, koje je opisna morfologija stekla opažanjima domaće flore, a to sve pod pritiskom jednostranoga prilagođivanja životu u jako brzoj vodi slapova i brzica". Oblikom naliče podosteme ponajviše algama i vodenim mahovima. Neke od njih nemaju ni lišća, te su kamenje prevukle poput kore; druge pak imaju poput alaga rascjepkano lišće. Puči nemaju, a i korijenje im je zakršljalo, pa su se mjesto korijenja razvili osobiti organi za pričvršćenje. Sve su to osobite prilagodbe životu u brzicama.

23. Biljka i svijetlo.

Svijetlo je izvor svemu životu na zemlji, a zelena biljka posrednica je između sunca i svega ostalog organskog života. O tome smo se već u prijašnjem poglavlju (13.) dosta uvjerili; znamo, da bez svijetla ne može zelena biljka asimilirati, a ne može ni normalno rasti. Nama je samo još do toga, da utvrdimo odnose cijele biljke prema svijetlu. Zato je prije svega potrebno, da nađemo mjerilo za taj odnos bilja prema svijetlu. Potrebu takova mjerila uvidio je prvi glasoviti botanik-fiziolog Julije Wiesner, te je postavio sebi upravo za zadaću života svoga, da upozna taj odnos svijetla prema bilju. Punih dvadeset godina rješavao je to pitanje, a kao plod tih istraživanja izdao je djelo: „Lichtgenuss der Pflanzen". Što znači riječ „Lichtgenuss"? U prijevodu bi značila ta riječ „užitak svijetla". Zapravo se njom danas označuje ono svijetlo, što ga neka biljka na svojem staništu uživa. Wiesner je sâm za taj pojam predložio međunarodni izraz „photolepsis", ali u literaturi botaničkoj primljen je izraz „Lichtgenuss".

Da rastumačimo pojam „užitka svijetla", treba da se prije svega pozabavimo biologijskom metodom mjerenja svijetla. Wiesner je kao najprikladniju metodu za mjerenje danjega svijetla upoznao fotografijsku metodu Bunsena i Roscoea; na njoj je izradio

novu metodu mjerenja svijetla, koja je u biologiji danas općeno uvedena. Principi njeni su ovi: Osjetljivi fotografijski papir od hlorova srebra pocrni, ako se izloži na svijetlo. Za mjerilo ove crne boje ili potamnjivanja udešena je posebna normalna tamna boja (smjesa cinčanog oksida s čađom), Ona jakost svijetla, koja u jednoj sekundi postigne na fotografijskom papiru ono normalno tamnilo, vrijedi kao Bunsen-Rosceova jedinica u svijetlu. Za poredbu su udešeni i viši stupnjevi od 2, 3, 5, 10 puta tamnije jedinice. Ako je n. pr. potrebno, da kod nekoga svijetla izložimo 3 sekunde, da papir dobije boju normalnoga crnog tona, to će jakost svijetla biti $1 : 3 = 0{\cdot}333\ldots$ Bunsen-Roscoeve jedinice, Wiesner je u tu svrhu konstruirao maleni aparat za mjerenje svijetla, koji je poslije usavršen (Vouk)[1] (Slika 150.) Tom se metodom dade točno mjeriti, koliko svijetla treba pojedina biljka (apsolutni „užitak svijetla"). Označimo li svijetlo, koje biljka izravno uživa, sa „*i*", a svijetlo cijeloga obzora sa „*I*", to nam omjer $\frac{i}{I}$ daje relativni užitak svijetla „*L*". Ako je n. pr. $i = 0{\cdot}25$ Bunsen-Roscoe-jedinica, a $I = 0{\cdot}75$ B. R., to je onda $L = 0{\cdot}25 : 0{\cdot}75 = 1 : 3$. Taj omjer $\frac{1}{3}$ znači, da ta biljka na svom staništu, gdje raste, uživa jednu trećinu cijeloga svijetla na obzoru. Svaka biljka ima svoj užitak svijetla, koji se mijenja prema prilikama i tijekom godine, pače i tijekom jednoga dana, ali je zato ipak u nekim granicama konstantan.



Slika 151. Voukova sprava za mjerenje svijetla u biologijske svrhe po Wiesnerovoj metodi.

[1] Vouk V.: Fotometrija u biologiji. Glasnik hrvatskog prirodoslovnog društva, 1923.

Evo nekoliko primjera:

Bukva *(Fagus silvatica)* ima relativni L . .	$1—{}^1/_{80}$
Javor *(Acer platanoides)*	$1—{}^1/_{55}$
Hrast *(Quercus pedunculata)*	$1—{}^1/_{26}$
Bijela topola *(Populus alba)*	$1—{}^1/_{15}$
Bor *(Pinus Laricio)*	$1—{}^1/_{11}$
Breza *(Betula verrucosa)*	$1—{}^1/_{9}$
Ariš *(Larix decidua)*	$1—{}^1/_{5}$

Ti nam brojevi kazuju jasno, koliko neko drvo podnosi sjenu. Ariš je n. pr. pravo drvo svijetla i ne podnosi sjene, nego samo otvorena staništa. Wiesner je putovao na sve krajeve svijeta, te je mjerio na raznim točkama zemlje (Beč, Kairo, Tromsö u Norveškoj, Aventbay na Spitzbergima, Chikago, Montana na Yellowstone-Riveru u Americi, Buitenzong na Javi). Ova mjerenja pokazaše, da užitak svijetla nije svagdje jednak. Tako je n. pr. minimum „užitka svijetla" za javor u Beču $^1/_{55}$, u Hamaru u Norveškoj $^1/_{37}$, u Trondhjemu $^1/_{28}$, a u Tromsö-u $^1/_{5}$. Napokon su ta mjerenja iznijela na vidjelo pravilo, da „užitak svijetla" raste s geografijskom širinom i nadmorskom visinom a to znači, da bilje treba sve više svijetla, što je hladniji kraj, u kojem živi. Biljke sjene (t. j. biljke, koje žive u šumskoj sjeni) imaju „užitak svijetla" i niži od jedinice. Šumarica *(Anemone nemorosa)* ima $L = {}^1/_{25} — {}^1/_{5}$, rosopas *(Chelidonium majus)* $^1/_{2}—{}^1/_{4}$, a zečja soca *(Oxalis acetosella)* ima pače minimum $^1/_{70}$. Ima bilja, koje zalazi i prilično duboko u špilje i pećine, te živi gotovo u potpunoj polutami; to su ponajviše paprati. Kod potpune tame prestaje život zelenoga bilja; u tmini mogu živjeti samo gljive i bakterije. Da spomenem samo opasnu drvojetku *(Merulius lacrimans)*, koja izijeda građevno drvo; ona znade razrušiti i trijemove i grede, osobito u vlažnim stanovima a konačno i čitave kuće. Micelij te gljive raste u drvo, koje duboko izgriza, te se tek gdjegdje pojavljuje na površini kao bijela pahuljasta prevlaka, koja izlučuju smeđ sok u kapljicama; gljiva „plače", s odatle joj i ime „lacrimans" (plačna). Na špiljskim kukcima *(Anophthalmus)* živu kao nametnice gljivice *(Laboulbeniacae)*, koje se mogu razvijati u potpunoj tami: a ima i bezbroj drugih gljivica, poglavito raznih plijesni, koje žive u tmini. Među bakterijama — i nije čudo — ima pače i takovih,

koje se uopće razvijaju samo u tmini. te im svako svijetlo škodi razvitku; takav je n. pr. bacil tifa *(Bacillus typhi)*,

Svijetlo je tako velik faktor u životu biljke, da je nastala za nju potreba, da se posve prilagodi svijetlu i da potrebu svijetla može i regulirati. Razvile su se pače i osobite uredbe, koje služe uređenju ekonomije svijetla; evo nekoliko takovih uredaba.

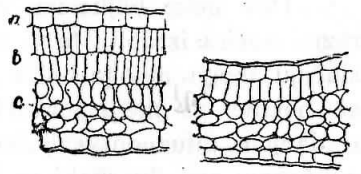
Tko je ikada u šumi promatrao krošnju u drveća, opazio je, gdje se lišće bukve ili graba postavilo sve u jednoj ravnini, razito i tako pravilno, da se toj pravilnosti upravo divimo: „nijedan listić ne stoji na krivo, svi su se svojim naličjem postavili prema svodu nebeskom" — upravo okomito na udar sunčanih zraka. Taj „fiksni položaj lista", kako ga zove Wiesner, opažamo i na bilju, koje često gojimo u prozorima; imali smo pače prilike (u poglavlju 13.) upoznati, kako se list giblje, da dođe u taj položaj, koji je za biljku s obzirom na svijetlo jamačno najpodesniji. Takovo lišće, koje uzima položaj prema svijetlu, zovemo fotometrijskim lišćem. Ima dakako i lišća, koje ne pokazuje nikakva osobita odnosa prema svijetlu, n. pr. trave i kozličine; te imaju a fotometrijsko lišće. Fotometrijsko lišće reaguje tako precizno na svijetlo, da i svaki pojedini list jedan prema drugome stoji tako, da se međusobno ne pokriva; tako nastaje pravi „mozaik lišća", kako ga često nalazimo u prirodi, a najčešće na bršljanu na šumskome tlu.

Kao osobitu prilagodbu za izrabljivanje svijetla tumači Wiener i piramidni oblik razna drveća. Takovo drveće. n. pr. smreke i omorike, lakše se brane od okomitih sunčanih zraka, a u drugu ruku izrabljuju po mogućnosti difuzno danje svijetlo, koje dolazi sa strane. Wiesner je pače na gorju sjeverne Amerike Rocky Mountains opazio, da „srebrena smreka" *(Picea pungens)*, koja se tako mnogo goji u nasadima, prima piramidni oblik sve više, što ide više u visine.

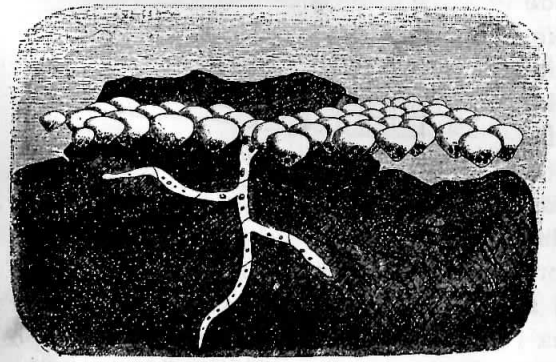
Djelovanje svijetla na krošnju drveća tako je izrazito, da se može razlikovati „lišće svijetla" od lišća sjene. Botanik Stahl utvrdio je, da je n. pr. lišće bukve, koje se nalazi na površini krošnje, gdje je izvrgnuto djelovanju svijetla, građeno drugačije nego li lišće, koje se nalazi u sjeni krošnje. „Lišće svijetla" ima izrazito i jako razvito asimilativno staničje palisadnoga parenhima, koji je često sastavljen pače od više redova, a „lišće sjene" ima

vrlo slabo razvijeno asimilativno staničje (Slika 152.). Lišće svijetla prema tome je prilagođeno osobitomu izrabljivanju svijetla.

Već smo upoznali, da epidermne stanice mogu služiti kao zbirne leće, ako su građene poput izbočenih papila; na taj se način te stanice služe svijetlom, jer se zrake svijetla usredotočuju u stanici epiderme, odakle udaraju na hlorofilni aparat. Kao osobiti primjer tih sabirača za svijetlo služi nam poznati mah *Schistostega osmundacea*, koji u pukotinama i u udubinama gorskih pećina i stijena ima u sumornom svijetlu smaragdnozelenkastu površinu. Klica toga maha (protonema) čudno je građena: ima nitastu nogu, na kojoj se uzdigla zelena pločica građena od zaobljenih stanica s konično produženim dnom (Slika 153.). Na dnu stanice leži hlorofil, a gornji joj je dio posve proziran: nema sumnje, da ta stanica služi za zbirnu leću, koja sve zrake slaboga difuznoga svijetla skuplja na hlorofilni aparat; zato se jedan dio svijetla odbija i tako čitavoj površini daje onaj osobiti smaragdnozeleni svjetlucavi izraz.



Slika 152. Lijevo list jagoge iz svijetla, a desno iz sjene. Obadvoje u prerezu (Dubour).

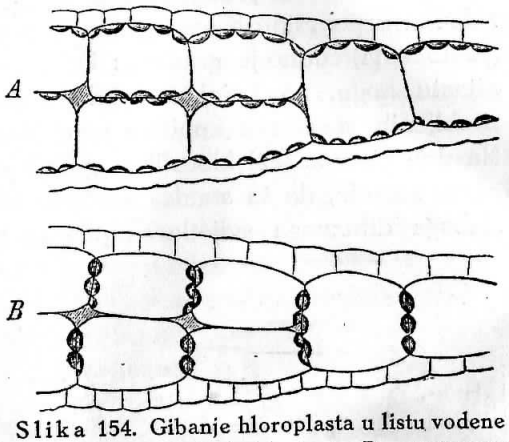


Slika 153. *Schistostega osmundacea.* Klica sa sabiračima svijetla.

Svijetlo je uzrok i tome, što u našim listopadnim šumama već za rana proljeća, dok još drveće nije ni prolistalo, vlada bujna vegetacija: na tisuće i tisuće bijelih šumarica *(Anemone nemorosa)*, ljubičastih jetrenaraka *(Hepatica triloba)*, modrih šafrana ili brnduša *(Crocus vernus)* prekriva u proljeću šumsko tlo; rekao bih, da se sve te proljetnice žure, da prožive svoj život još prije nego im puna krošnja zakrije sunce. Taj skraćeni razvitak proljetne flore prema

tome je vremensko izrabljivanje svijetla. S time u vezi je i pojav, da većina tih proljetnica *(Gagea lutea, Corydalis cava, Convallaria majalis)* ima velika pričuvna spremišta, u kojima ima obilje hrane i građe za tako naglo i brzo stvaranje cvjetova.

Dok neke biljke imaju premalo svijetla te im ga valja na razne načine izrabiti, to ga druge imaju često i previše. U takovu slučaju mogu mnoge biljke otkloniti suvišak svijetla i na razne se načine od njega braniti. Jorgovan *(Syringa vulgaris)* ima o danjem difuznom svijetlu stalni položaj lišća, a u direktnom sunčanom svijetlu svaki se listić na rubovima svine i tako svoju plojku zasjeni; takovo se dakle lišće brani od sunčanoga prejakog svijetla (po Wiesneru: panfotometrijsko lišće). Bagrema ili akacija *(Robinia pseudoacacia)* brani se od prejaka svijetla gibanjem lišća, koje dođe u uspravni položaj tako, da ga sunčane okomite zrake mimoiđu. Prejako svijetlo uništava hlorofil. Od takova se svijetla brane neke biljke i tako, da se hloroplasti u stanici giblju i ugibaju prejakomu djelovanju sunčanih zraka; kao najjednostavniji slučaj spominjem nitastu algu *Mesocarpus*, koja žive i u našim barama i mlakama. Ona ima u svakoj stanici po jedan pločasti hloroplast. Kada na algu udara slabo svijetlo, stoji taj hloroplast ploštimice licem prema svijetlu, a nalazi li se alga u sunčanom jaku svijetlu, okrene se hloroplast pobočke za 90° u profilni položaj tako, da nije više cijela ploha hloroplasta izložena sunčanim zrakama. I neki mahovi, pa i više biljke pokazuju slično gibanje hloroplasta, n. pr. vodena leća *(Lemna trisulca)*, nježna biljčica, koja u tri listića pliva na površini vode; u prerezu ovih listića vidimo samo dva sloja stanica (Slika 154.).



Slika 154. Gibanje hloroplasta u listu vodene leće *(Lemna trisulca)*. *A* u sjeni; *B* u sunčanom svijetlu.

U danjem difuznom svijetlu, odnosno u sjeni, stoje hloroplasti na svim stijenama u stanici jednoliko porazmješteni, ali čim udare na njih sunčane zrake, raziđu se i hloroplasti na pobočne vertikalne stijene — pobjegnu naprosto od prejaka svijetla. Giblju li se hloroplasti pri tome aktivno svojom snagom ili samo pasivno plazmom, nije unatoč opsežnih istraživanja (Senn, Linsbauer) riješeno.

Osobiti način obrane od prejaka svijetla opisuju mnogi botanici iz tropskih krajeva. Upravo udara u oči, da ima u tim krajevima mnogo lišća s neobično sjajnom površinom, a to je vrlo neugodno kod fotografskog snimanja. Taj sjaj površine potječe od odražavanja sunčanih zraka od vrlo glatke površine, pa je vjerojatno, da se to lišće tako i brani od prejaka svijetla. A na visokim gorama i u suhim predjelima služi dlakava odjeća bilja ne samo za obranu od prejaka isparivanja, nego i od prejaka svijetla.

Biljke, koje same svijetle.[1]

Već je prošlo oko 100 godina, što je Placidus Heinrich opisao pojav svjetlucanja natrulih i gnjilih panjeva. Rudarski inžinjer Derschau ostavio nam je još od 1823. godine zapis, u kojem se pripovijeda, da su u jednom rovu grede i potpornji svijetlili nekim tajanstvenim modrikastim svijetlom, i to tako jako, da je gdjegdje bila suvišna i svjetiljka. Ogledavši pobliže grede, koje su svijetile, pronašao je Derschau, da ne svijetle grede, nego osobite gljive slične korijenju, koje stoga i nose ime *Rhizomorpha*. Ta je gljiva, kako je poslije Hartig dokazao, samo razvojni stadij (trajni micelij) one gljive, koju u nas narod zove puza *(Agaricus melleus*, halimaš*)*. To je inače dobra, jestiva gljiva, koja se razvija na panjevima i raste u gustim grmićima; zovu je i „grmečki", no prvo je ime bolje, jer njen micelij poput korijenja puza pod korom drveta. Taj micelij, ako nije već otvrdnuo i pocrnio, svijetli slabim bjelkastim svijetlom. U nekih drugih srodnih gljiva iste porodice ne svijetli samo micelij, nego i cijeli klobuk. Gardner opisuje, da je u gradu Natividade

[1] Ovo poglavlje nije ovdje baš na pravu mjestu, jer se tu ne radi o ekologijskom pojavu, nego o fiziologijskom, ali sam ga ipak ovamo uvrstio jedinstvenosti radi.

provincije Gojaz u Braziliji jedne večeri vidio, gdje se djeca igraju nekim svijetlim predmetima. Uzevši on jedan u ruku, nemalo se začudio, raspoznavši pravu gljivu klobučarku. Ta je gljiva ondje u natividadskoj okolici vrlo obična; zovu je „Flor de Coco". Botanik Berkely opisao ju je poslije s imenom *Agaricus Gardneri.* Osim nje poznato je danas, da klobukom svijetle još i ove gljive: *Agaricus noctilucens* s Manile, *Agaricus igneus* sa otoka Amboine, *Panus incandenscens* iz Australije, pa *Agaricus phosphoreus, Ag. illuminans, Ag. lampas,* kojima ime kazuje, da svjetlucaju. Prof. Molisch, vrlo se mnogo bavio oko istraživanja svjetlucanja u bilja te je našao u Praškoj okolini micelij neke gljive, koji i u kulturama intenzivno svijetli, a budući da taj micelij nije nikada stvarao plodova, nadjenuo mu je ime „micelij X".

I lišće, koje truhne, svijetli isto tako kao i kora i drvo; Tulasne je to utvrdio za hrastovo lišće, a Molisch je opažao taj pojav osobito na bambusovu lišću u tropskim zemljama. I tu je uzrokom svjetlucanju po svojoj prilici kakva gljivica, a možda i bakterija; i bakterije naime svijetle. Taj je pojav poznat pače još iz 16. vijeka, premda nije tada nitko imao ni pojma o pravome uzroku. Glasoviti Padovanski anatom Fabricius Aquapendente piše već god. 1592. o jednom čudu, kako je u nekoj mesnici baš o Uskrsu uskrsno oderano janje noću svijetlilo nekim čudnim tajanstvenim svijetlom. Fabricius opisuje taj događaj učenjačkom točnošću, te još primjećuje, da su slične vijesti dolazile i iz drugih predjela. Taj se pojav svjetlucanja mesa pače vrlo često u literaturi spominjao. Prvi mu je upoznao pravi uzrok bečki liječnik Heller (god. 1851.), Dobio je naime jednoć od zdravstvenoga odsjeka da istražuje jedan par kobasica, koje je to zdravstveno povjerenstvo zaplijenilo radi neobičnoga svjetlucanja. Helleru su već bili poznati mikroorganizmi, te je utvrdio, da se na kobasicama nalazi sitna gljivica, koju nazove *Sarcina noctiluca.* Kasnija su istraživanja to jednodušno priznala, te danas općeno znamo, da su uzrokom svjetlucanja mesa bakterije, koje pače čini posebnu biologijsku rpu, fotobakterijâ. Te su bakterije po Molischu vrlo obična pojava na mesu, te možemo reći, da gotovo 50% mesa u mesnicama svjetluca, doduše samo uz neke uvjete. Najobičnija je takva bakterija na mesu *Bacterium phosphoreum* (Cohn); s mesom dođe u kuhinju ili u smočnicu,

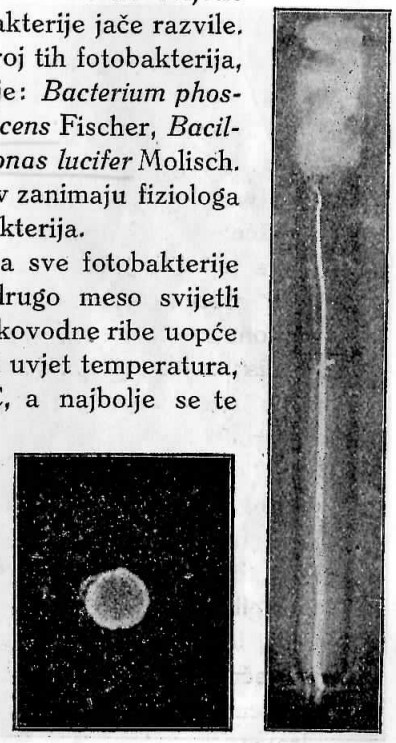
pa se tako gdjegdje dogodi, da svijetli i druga hrana, n. pr. jaja, krumpir i drugo.

Još češće nego na mesu živu te bakterije na morskim ribama; ribarima je dobro poznato, da mnoge ribe izbačene na obalu za tamnih noći svijetle, Molisch pripovijeda, da se upravo začudio, prolazeći noću tamnim hodnicima ribarnice u Trstu, videći, gdje iz svake košare svijetli. Osobito intenzivno svijetle oči i ostala glava, jer su se tu bakterije jače razvile.

Danas je poznat već velik broj tih fotobakterija, od kojih spominjem kao najobičnije: *Bacterium phosphoreum* Cohn, *Bacillus phosphorescens* Fischer, *Bacillus luminescens* Fischer, *Pseudomonas lucifer* Molisch.

Mnogo više nego li sam pojav zanimaju fiziologa uzroci i uvjeti svjetlucanja tih bakterija.

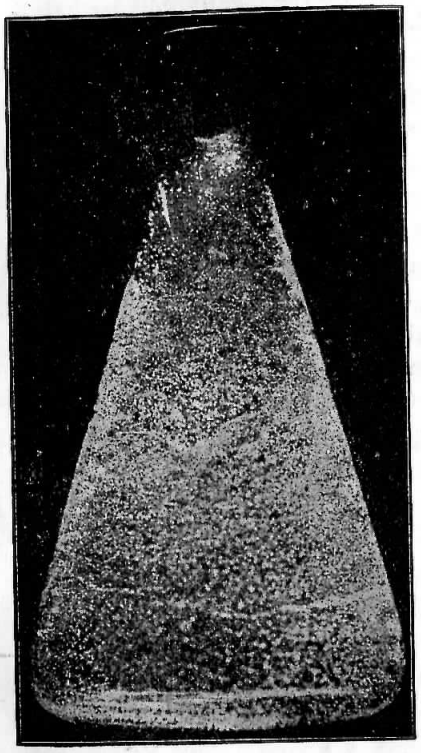
Prije svega je zanimljivo, da sve fotobakterije vole kuhinjsku sô; govedina i drugo meso svijetli samo onda, ako je soljena, a slatkovodne ribe uopće ne svijetle. Drugi je znatan životni uvjet temperatura, koja ne smije prekoračiti 30° C, a najbolje se te bakterije razvijaju uz temperaturu od 9—12° C. Stoga te bakterije nijesu opasni čovječjemu zdravlju, jer u čovječjem želucu uginu od previsoke temperature.



Slika 155. Kulture svjetlucavoga bakterija *(Bacterium phosphoreum),* fotografirane u vlastitom svjetlu. Desno kultura u kušaljci, a lijevo kolonija bakterija. Po Molischu.

Ove se bakterije mogu bakteriologijskim metodama gojiti (Sl. 155.), pa u većim množtvima svijetle prilično intenzivno. Godine 1900. u općoj izložbi u Parizu prvi je prof. Dubois izložio bakterijske svjetiljke. I prof. Molisch u Beču konstruirao je vrlo jednostavno takove svjetiljke. To su staklene posude, obložene želatinom, na kojoj se goje čiste kulture tih kakterija (Slika 156.). Takova svjetiljka svijetli osobito modrikasto-zelenkastim svjetlom. Ono je posve hladno, upravo ideal tehnike; djeluje nadalje na fotografijsku ploču, kako to pokazuju i priložene slike, izvedene u vlastitom

svijetlu. Svjetlo bakterijske svjetiljke prilično je jako, pa može djelovati i fototropski, a kod jedne takove svjetiljke možemo u tami razabrati kazala na uri i veća novinska slova; nabačena je pače i misao, ne bi li se takove bakterijske svjetiljke mogle upotrijebiti n. pr. u skladištima upaljivih tvari ili u rudnicima, ali je neprilika, što je to svijetlo još uvijek preslabo, a k tome i jenjava za jednu ili dvije sedmice.



Slika 156. Bakterijska svjetiljka prof. Molischa, fotografirana u vlastitom svjetlu.

Što li je taj pojav vitalnoga svjetlucanja, nije nam do danas poznato, te nam se još uvijek valja zadovoljiti hipotezom kao provizornim rješenjem toga pitanja. Znamo za stalno tek toliko, da je svjetlucanje zavisno o nazočnosti kisika, a to nas upućuje na to, da je svjetlucanje u vezi s disanjem: po svoj prilici naime bakterije dišući stvaraju neku osobitu tvar, koja u dodiru s atmosferskim kisikom svijetli. Tu hipotetičku tvar naziva Molisch „fotogen", premda mu nije uspjelo izlučiti tu tvar i pobliže označiti: Beijerinck pak drži, da svjetlucanje nastaje specifičkom fiziologijskom funkcijom žive stanice.

Napokon promotrimo i biologijsku stranu ovoga pojava; nastaje naime pitanje, ima li svjetlucanje gljivâ i bakterijâ kakovo biologijsko značenje. Kerner je pokušao tumačiti, da kukci i muhe, koji svoja jaja legu u miceliju gljivâ, obavljaju taj posao pri svijetlu tih gljiva i time služe raširenju sporâ. Molisch, a i Beijerinck, s potpunim pravom poriču svako biologijsko značenje biljnoga svijetla; i neživa naime tvar, n. pr. fosfor, metaldehid, paraldehid, anisidin

i dr. svjetlucaju, a pri tome nikome ni na um ne pada, da bi to svjetlucanje imalo kakvu svrhu. Biologijsko ili teleologijsko tumačenje prirodnih pojava nije dakle svagdje podesno.

Zelene biljke alge, a ni više biljke, ne pokazuju toga zanimljivog pojava. Osobito bljeskanje cvjetova, koje je opažala i opisala kći glasovitoga botanika Linnêa još početkom 18. vijeka i u kojem nalazimo još gdjegdje po koju vijest, čini se da je neki električni pojav o izbijanju elektriciteta, t. zv. „vatra sv. Ilije". Neki tvrde, da je tu samo optički pojav, i to upravo stoga, što je taj pojav opažalo tek nekoliko istraživača; nikako pak ne može biti govora o vlastitoj produkciji svijetla.

24. Kako tlo utječe na život bilja.

Već smo u poglavlju o hranidbi bilja govorili o tome, koliko se tlo doima razvitka bilja; tom smo prilikom istaknuli i neka fizikalna i kemijska svojstva tla. Ta svojstva tla odlučni su edafski faktori vegetacije. Svako tlo, od najtvrđeg kamena do najsitnijeg pijeska, i vapneno i kremeno i ilovasto tlo, može imati svoju vegetaciju.

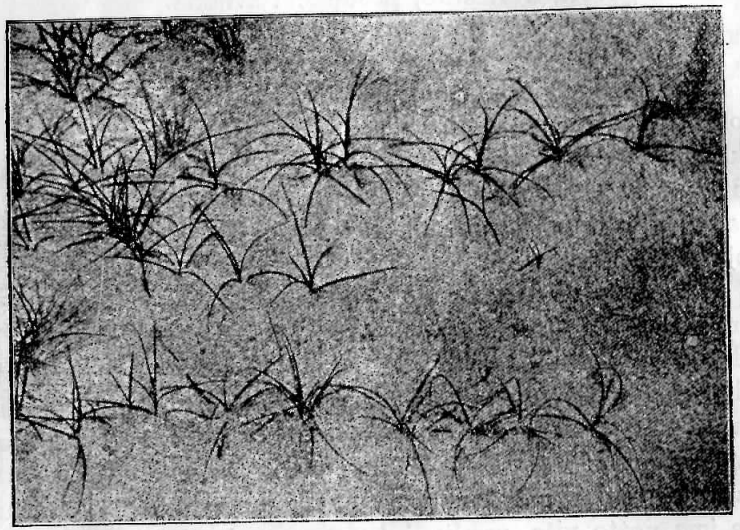
I sami tvrdi kamen, bio to granit, bio vapnenac, ima svoj biljni svijet. Tu ima lišaja kao pionira biljnoga svijeta, koji ovdje počinju svoje razaranje. Osim njih eto i alaga, koje kao endolitni i epilitni organizmi provode život na vapnencu i dolomitu. Kada se takav kamen već raspucao i izio, te se u njemu mogu skupljati organske tvari, eto već i mahova, koji još intenzivnije nastavljaju posao lišaja. Za njima se istom u pukotinama, gdje ima nešto više zemlje i humusa, pojavljuju javnocvjetke, koje zovemo hasmofitima (chasmophyta). O tome, kakova je ova litofilna vegetacija, ne odlučuje dakako samo tlo, nego i drugi sporedni faktori, n. pr. jaka insolacija i visoke temperature.

Edafski tip (ἔδαφος = tlo), upravo protivan vegetaciji pećinâ i stijenâ, jesu biljke pijesaka ili psamofiti (psammophyta). Takova pješčana tla ima često na morskim obalama, a i na kopnu. n. pr. u pustopoljinama i pustinjama ili blizu ušća velikih rijeka; u nas su „Đurđevački pijeski" kod Gjurgjevca u Podravini takovo na glasu tlo[1]. Još su veći takovi pijesci Deliblata u

[1] Gjurašin Stj.: Biljke s đurđevačkih pijesaka. Glasnik hrv. prirodoslovnoga društva. God. XIII. 1902.

Banatu. Pješčenjaci su gibljivi, te ih vjetar može raznositi, a takova tla uz to propuštaju vodu. Bilje, koje se na takovu tlu održi, udešeno je na osobitî način: psamofiti se učvršćuju u pijesku daleko razgranjenim podancima, koji imaju izdašno korijenje. Takovi su tipski psamofiti trave *Ammophila arenaria, Elymus arenarius, Agropyrum junceum*, pa šaševi *Carex arenaria* (Slika 157.) i *C. hirta*.

Osobiti način učvršćenja u muljevitu tlu pokazuje vegetacija mangrove na morskim obalama ekvatorijalnih krajeva. Tu je područje obalâ između plime i osjeke prekriveno dubokim muljem



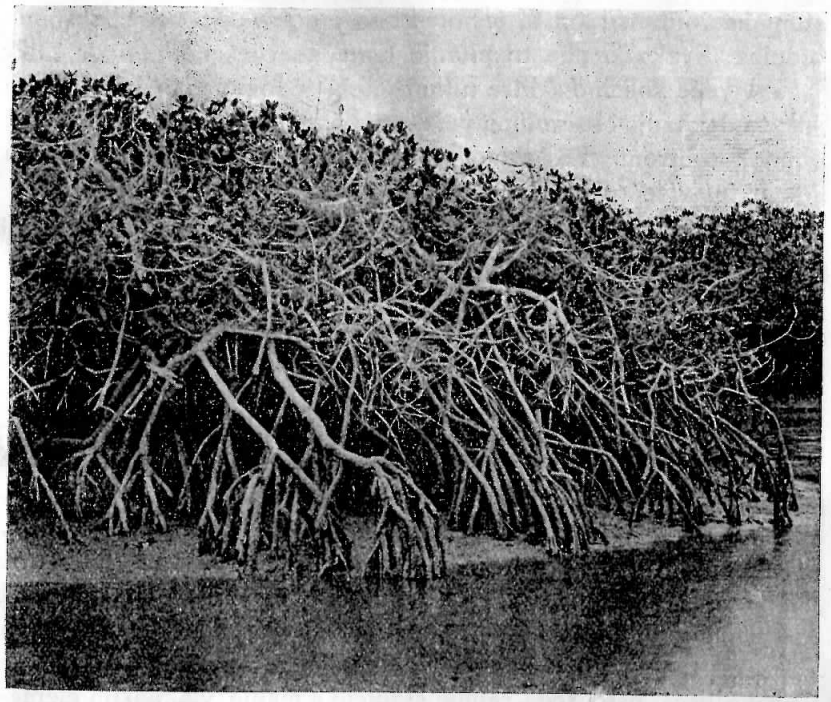
Slika 157. *Carex arenaria* u pijesku (Po Nathansonu).

od najfinijega pijeska; u tom se mulju razvila grmovita biljka *Rhizophora* na čud u štakastu korijenju (Slika 158.). Debelo i čvrsto korijenje izraslo je poput potpornja, te drži cijelu stabljiku i krošnju. Schimper opisuje tu biljku ovako: „Nijedno drvo mangrove nije bolje opremljeno, da u nekom mulju izdrži gibanje plime te da se uz takove teške prilike razmnaža i da iz nerazrijeđene slane morske vode pokrije gubitak vode izlučene transpiracijom. Stalak, sagrađen od zavinuta štakasta korijenja, poput sustava potpornja nosi stabljiku. Lišće ima tipsku kožnatu ili sklerofilnu strukturu s debelom kutikulom, velikim sluzavim

stanicama, zaštićenim pučima, a k tome i s velikim tankostjenim vodenim staničjem, koje je to veće, što je slanost jača". Slično je građena i indijska mangrove-biljka *Acanthus ilicifolius*.

Biljke, koje žive na tvrdu ilovastu tlu, zovemo pelofitima (pelophyta). Te biljke nemaju nikakovih osobitih prilagodaba, nastalih uz utjecaj tvrdoga tla.

Mnogo se znatnije doimaju biljnoga života kemijska svojstva, kako smo o tome već i govorili. Kalij, kalcij, kremik i druge



Slika 158. *Rhizaphora mangle L.* Mangrova na ušću rijeke Arroyo Soledad u Kaliforniji (Po fotografiji A. Heima iz djela „Vegetationsbilder von Karsten und Schenk").

rudne sastavine tla bitno utječu na hranidbu bilja, ali u nekom slučaju i na sam oblik i fizionomiju bilja. Tako n. pr. biljke, koje žive na slanu tlu, t. zv. halofiti (halophyta), imaju osobiti oblik, koji posve sjeća na kserofite. Biljke, koje nastavaju morske žalove i slane pustopoljine, trpe doista od nestašice vode; stoga

dobivaju halofiti svoj značajan oblik; lišće im bude maleno i debelo, palisadne se stanice produžuju, intercelularni se prostori umanjuju, a površina se često prevuče dlakama. To su sve značanje crte kserofita, kojima halofiti u mnogo čem nalikuju. Tipski su halofiti: *Salicornia herbacea, Salsola Kali, Cakile maritima, Eryngium maritimum, Echinophora spinosa, Kochia hirsuta* i t. d. O tumačenju kserofitnoga oblika halofitâ postoji više raznih nazora. Schimper n. pr. misli, da se halofiti brane od prevelika primanja soli time, što snizuju ekonomiju vode na najmanje, a odatle postaju kserofitima; uz to je oteščano i dobivanje vode iz solnih otopina. Svakako nije to pitanje konačno riješeno.

I veće količine salitre u tlu djeluju jednako kao i kuhinjska sol; to dokazuje i kserofilna vegetacija na Atacama-pustinji u Chili, obilnoj salitrom. Po svojoj je prilici djelovanje većih množina soli u tlu više osmotsko negoli kemijsko.

I o djelovanju vapna na bilje već smo prigodice govorili; znamo, da neke biljke ne podnose veće količine vapna, a druge su samo stanovnici vapnena tla. Za takove vapnene biljke spominjem primjerice: vesiku *(Anthericum ramosum)*, kaćun *(Orchis militaris)*, gospinu papučicu *(Cypripedium Calceolus)*, šumaricu *(Anemone nemorosa)*, kameniku *(Saxifraga Aizoon)*, krstušac *(Polygala vulgaris)*, glavulju *(Globularia vulgaris)*, zvončiku *(Campanula glomerata)*, i t. d.; značajne biljke naprotiv, koje ne podnose vapna, jesu: kostanj *(Castanea vesca)*, vrijes *(Calluna vulgaris)*, borovnica *(Vaccinium Myrtillus)*. naprstak *(Digitalis purpurea)*, kiselica *(Rumex acetosella)* i mnoge druge. Francuski botanik Bonnier pokazao je pače pokusima, da je vapnena flora od kremične razlikuje donekle i oblikom jedna od druge. Biljke na vapnenu tlu bijahu u pokusima manje razgranjenje, te su imale i široko lišće, osim toga rahlije staničje s manje vlaknastih elemepata. Bonnier je upozorio i na to, da se mnoge biljke s obzirom na kemizam tla u raznim krajevima različito vladaju. Tako n. pr. raste ariš u Švicarskoj i u Tirolu poglavito na prakamenju, a u Bavarskoj i u Salzburgu poznat je općenito na vapnenu tlu, a eno u Karpatima ima ga i na jednom i na drugom. Takovih primjera poznato je u literaturi više. Zanimljivo je i to, da se neke srodne vrste razlikuju i po tome, što jedna živi redovno na vapnenu tlu, a druga na kremičnu; takove su biljke poznate;

Gentiana acaulis i *G. excisa, Achillea atrata* i *A. moschata, Rhododendron hirsutum* i *Rh. ferrugineum.*

Konačno upozorujemo na osobitost onoga tla u kojem ima vrlo mnogo organskih tvari, koje se raspadaju; to su tako zvana humozna tla, koja obiluju huminskom kiselinom i srodnim organskim tvarima. Humus sastavljaju prema tome produkti organskoga raspadanja bilja i životinja. U humoznu tlu ima velikoga obilja ugljikovih i dušikovih spojeva, koji nijesu za hranidbu višega bilja ni od kakve vrijednosti, ali ih gljive i bakterije mogu za hranu vrlo dobro upotrijebiti; stoga u takovu tlu i ima vrlo

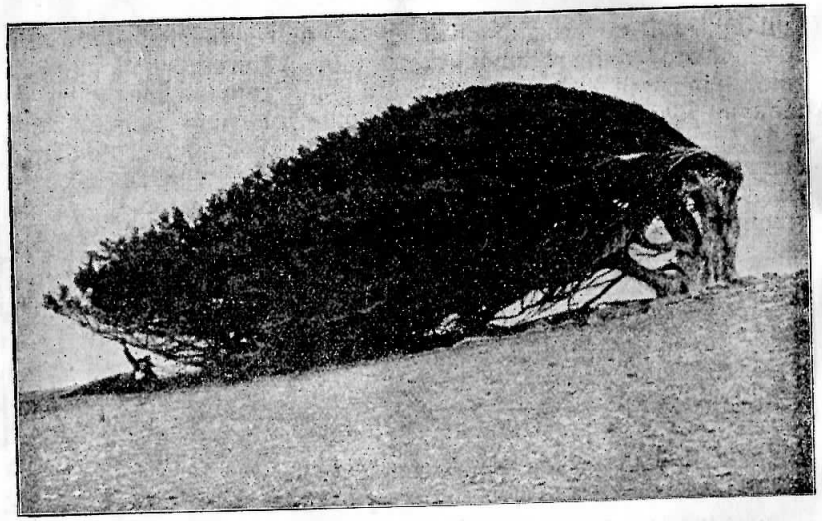
Slika 159. Uljike na otoku Lošinju pod utjecajem bure. (Neger).

mnogo gljiva i bakterija. No i među višim biljkama ima saprofita, koji žive samo na humusu; to su n. pr. *Corallorhiza inata, Monotropa Hypopitys, Neottia nidus avis, Epipogum aphyllum.* Sve su te biljke poput gljiva gotovo posve izgubile zelenu boju, jer se hrane gotovom organskom hranom; one ju dobivaju — kako ćemo u kasnijem jednom poglavlju napose čuti — uz pripomoć gljivica, s kojima žive u zajednici.

Koja su svojstva tla, kemijska ili fizikalna, znatnija za život i oblik bilja, teško je reći; tek je najznatnije, da je voda u tlu ipak najodlučniji životni faktor biljnoga svijeta.

25. Utjecaj vjetra na bilje.

Nema nikakve sumnje, da i vjetar kao izvanji faktor djeluje na život bilja, i to dvojakim načinom: mehanički i fiziologijski. Mehanički djeluje vjetar silom potega u nekom smjeru, a od toga zadobije biljka osobiti oblik. To se tiče poglavito jakih mjesnih vjetrova, koji duvaju uvijek istim smjerom, n. pr. pasatni vjetrovi u tropskim krajevima ili bura u našem Primorju; time zadobivaju grmovi, a i drveće, osobiti oblik jednostrano razvijene krošnje, kako to lijepo prikazuju slika 159. i 160. Zanimljivo je i to, što je ovo drveće osobito čvrsto, jer mu je građa pojačana mehaničkim elementima. Od djelovanja stalnih vjetrova zadobiva grmlje i nisko rašće zaobljene jastučaste oblike.



Slika 160. *Juniperus phoenicea* pod utjecajem pasatnih vjetrova na kanarskom otoku Hierro (Burchard).

Ali vjetar ne djeluje samo na oblik biljke, nego i na njezin život. Vjetar naročito pojačava isparivanje ili transpiraciju, a to može biti i osobito opasno po biljku, poglavito u doba suše ili mraza, kada je nadomještanje vode oteščano. Stoga će se biljka i braniti od vjetra poglavito time, da zaustavlja transpiraciju.

Najznatnije je djelovanje vjetra biologijsko, jer ima znatnu zadaću u životu biljke kao raznosilac polena i sjemena. No o tome će biti u kasnijem poglavlju napose govora.

26. Fizionomija i životni oblici bilja.

Biljka je svojim životom vezana na svoje stanište, vezana je uz rođenu svoju grudu, u kojoj je iznikla. Vrsta se generacijama može doduše seliti, ako i ne po svojoj miloj volji, a to bar po volji faktora svoje okoline. Razvoj pojedinoga biljnog individua stoji pod utjecajem dvaju faktora: razvojnoga osnovnoga oblika, koji je baštinio od svojih pređa, i rezultata svih ekologijskih faktora, koji izvana na nj djeluju. Prema tome ima svaka biljka značajke organizacije i značajke prilagodbe. Prve se mogu mijenjati samo rasplodom, a druge su promjenljive, te dolaze od okoline biljke, u kojoj ova živi. Iz toga svega proizlazi značajni „fizionomijski" ili „vegetacijski" oblik. I vegetacija nekoga kraja značajna je u prvom redu svojom fizionomijom. Vegetacija se sastoji od fizionomijskih oblika, kao što se i flora sastoji od sistematskih oblika: kao što su sistematski oblici poređani u morfologijski sustav, tako su mnogi ljudi pokušali, da i fizionomijske vegetacijske oblike svrstaju u neki biologijski sustav. Iz tih se nastojanja razvila pače i posebna nauka, fizionomijska ekologija ili ekologijska fizionomika. Načela fizionomijske ekologije, koja se bavi izučavanjem životnih biljnih oblika, mogu biti morfologijska, biologijska i filogenetska. Po morfologijskim načelima razlikujemo obične fizionomijske oblike: drveće, grmlje, polugrmlje, zeleni. Grisebach već godine 1872. u svojem djelu „Die Vegetation der Erde" postavlja poseban sustav fizionomijskih oblika na tom načelu, premda u tome ne ostaje posve dosljedan. Glavne rpe Grisebachova sistema ove su: 1. drveće, 2. sukulentne ili mesnate biljke, 3. povijuše ili lijane, 4. epifiti, 5. zeleni, 6. trave, 7. stanične biljke.

Drude u svojem djelu „Die Oekologie der Pflanzen"[1] razlikuje u svemu 55 životnih oblika u tri rpe: 1. Aerofiti ili kopneno bilje, 2. hidrofiti ili vodeno bilje i 3. stanično bilje ili steljnjače zajedno s mahovima. No ni ovaj sustav ne može posve udovoljiti, a to i nije čudo, jer je uopće teško svrstati u sustav životne oblike, koji se pojavljuju u toliko varijacija. Jedini dosljedno provedeni sustav jest biologijski sustav Raunkiaerov. Raunkiaer je proučavajući fizionomijsku ekologiju danske flore

[1] Sammlung „Die Wissenschaft" Bd. 50. Braunschweig 1913.

uzeo za osnovku razdiobe one uredbe bilja, koje služe prezimljenju. Tako je postavio ovaj sustav:

1. Fanerofiti (phanerophyta) sa pupovima, koji prezimljuju visoko nad zemljom na mladicama; to je drveće i grmlje.

2. Hamefiti (Chamaephyta) sa pupovima, koji prezimljuju u blizini tla (polugrmovi i trajne zeleni.

3. Hemikriptofiti (Hemikryptophyta) s pupovima, koji prezimljuju na samome tlu, te su zimi zaštićeni otpalim lišćem. Takovi su razne zeleni.

4. Kriptofiti (Kryptophyta) s pupovima u zemlji. To su zeleni, koje prezimljuju s gomoljima, podancima i lukovicama.

5. Terofiti (Therophyta), jednogodišnje su biljke, koje prezimljuju samo sa sjemenkama.

Ovaj sustav fizionomijskih i ekologijskih oblika vrijedi dakako samo za hladni i umjereni zemaljski pojas, te se jedva dade primijeniti tropskim krajevima, gdje ne može biti govora o prekinutoj vegetaciji redovnim periodom.

Poglavito je teško bilo provesti kakovu ekologijsku klasifikaciju kod steljnjača, alaga i gljiva, jer u njihovu ekologiju još ni iz daleka nijesmo dosta upućeni, a da bismo mogli postaviti kakav sustav. Svaki sustav, a tako isto i sustavi fizionomijsko-ekologijski, samo su pomoć nauci, te se njime služe napose ekologijska biljna geografija, koja rasprostranjenje bilja proučava po životnim ili biologijskim prilikama. Pojedini fizionomijski i ekologijski tipovi obično čine zajedno neke zadruge, o kojima već govorasmo. Te zadruge, svrstane u sustav, daju nam pregled cijele vegetacije.

Između brojnih sustava ekologijske biljne geografije spomenut ćemo ovđje samo dva najmodernija: prvi je Warmingov dopunjen Vahlom, a osniva se posve na ekologijskim načelima; drugi je „sustav švicarski" od Brockmann-Jeroscha i Rübela, koji se obazire i na fizionomiju.

Sustav Warming-Vahl (god. 1909.).

1. Hydrophyta, formacije u vodi.
2. Helophyta, formacije u močvarama.
3. Oxylophyta, formacije na „kiselu tlu", cretu i tundri

4. Halophyta, formacije na slanu tlu.
5. Psychrophyta, formacije na hladnu tlu.
6. Lithophyta, formacije na pećinama i stijenama.
7. Psammophyta, formacije na pijesku.
8. Chersophyta, formacije na ruderalnu tlu.
9. Eremophyta, formacije na pustinji i pustopoljini.
10. Psilophyta, formacije na savanama.
11. Sklerophyta, formacije s kožnatim i tvrdim lišćem.
12. Coniiphyta, formacije crnogoričnih šuma.
13. Mesophyta, formacije listopadnih šuma i livada.

Sustav Brockmann-Jerosch i Rübel (god. 1912.).[1]

I. **Lignosa.** Drveće,

1. Pluviilignosa, drveće kišnih šuma.
   a) Pluviisilvae, kišne šume (tropska prašuma).
   b) Pluviifruticeta, kišno grmlje.
2. Laurilignosa, lovorovo drveće.
   a) Laurisilvae, lovorove šume.
   b) Laurifruticeta, lovorovo grmlje.
3. Durilignosa, tvrdolisno drveće.
   a) Durisilvae, tvrdolisne šume *(Quercus ilex, suber).*
   b) Durifruticeta, tvrdolisno grmlje (makija, scrub).
4. Ericilignosa, vrijesovi.
   a) Ericifruticeta, vrištine (kamenjare).
5. Deciduilignosa, listopadno drveće.
   a) Aestatisilvae, ljetne šume.
   b) Aestatifruticeta, listopadno grmlje.
   c) Hiemisilvae, monsun-šume.
6. Conilignosa, igličasto drveće.
   a) Conisilvae, crnogorične šume.
   b) Conifruticeta, crnogorično grmlje.

II. **Prata.** Livade.

7. Terriprata, kopnene livade.
   a) Duriprata, ljetne livade.
   b) Sempervirentiprata, zimzelene livade.
   c) Altherbiprata, visoke livade.
8. Aquiprata, vodene livade.
   a) Emersiprata, močvarne livade (pištaline).
   b) Submersiprata, podvodne livade u slatkoj vodi i u moru.
9. Sphagniprata, tresetni cretovi

[1] Brockmann-Jerosch H. und Rübel D., Die Einteilung der Pflanzengesellschaften nach ökologisch-physiognomischen Gesichtspunkten. Leipzig 1912.

III. **Deserta.** Pustare.

10. Siccideserta, pustopoljine, pampas, prerije.
11. Siccissimideserta, pustinje.
12. Frigorideserta, ledene pustinje.
13. Litorideserta, obalna vegetacija.
14. Mobilideserta, vegetacija pokretna tla.

IV. **Phytoplankton,** biljni plankton jezera i mora.

Te vegetacijske rpe i tipovi kazuju nam ujedno i najznatnije životne prilike, kako nas to uči biljna biologija.

VI. Socijalni život u biljnom svijetu.

Već smo imali dovoljno prilike vidjeti, da je život bilja zavisan o raznim vanjskim uvjetima. Voda, toplina, svijetlo, zrak i tlo odlučuju o životu biljke. Svaka biljka na svom prirodnom staništu stoji u ravnotežju ili harmoniji sa svim vanjskim uvjetima, pa ako se ta harmonija (po Wiesneru epharmonija) bilo na koji način poremeti, potrese se time i životno ravnotežje biljke, a to znači ugrožavanje biljnoga života. Jednaka harmonija treba da vlada i u organizmu, harmonija između građe i funkcije te građe (po Wiesneru enharmonija). Epharmonija i enharmonija dva su principa, o kojima zavisi život. organizma; Darwinova „borba za opstanak" znači samo borbu za idealni cilj opće harmonije. Epharmonija je ono isto, što smo nazvali prilagodbom organizma na izvanje prilike, dakle ekologijska harmonija. Pri tome mislimo na harmonijske odnose prema vanjskim fizikalnim i kemijskim silama mrtve prirode, a tako isto držímo unutarnju harmoniju za ravnovjesje među fizikalnim i kemijskim odnosima u strukturi (gradnji) organizma.

Ali u prirodi ima i svijet živih bića, koja su isto tako u međusobnom odnosu, a i taj valja da je harmoničan; i među organizmima treba da bude neko ravnovjesje, pa makar to bilo i uništujući pojedinca. To ravnovjesje među organizmima zvati ćemo sinharmonijom (Vouk 1914.). Ta sinharmonija treći je princip, koji je uvjet opstanku živih bića, dakle i bilja. Pomislimo primjerice na to, što bi se dogodilo, kad bismo mogli uništiti sve nitrifikativne bakterije, koje stvaraju dušične soli? Nestalo bi tvorničara salitre u tlu i zelena bi biljka ostala bez hrane; propao bi biljni svijet, a time i cijeli svijet živih bića. Ili drugi primjer: oborimo li sjekirom šumsko drveće, uništili smo sinharmoniju svega rašća u šumi i osudili smo sve nisko rašće na smrt; za jednu godinu dana naći ćemo u toj krčevini posve drugo rašće.

Dok su prije u sjeni bukve cvale šumarica *(Anemone nemorosa)*, lazarkinja *(Asperula odorata)*, kopitnjak *(Asarum europaeum)*, urodica *(Melampyrum nemorosum)*, i druge šumske biljke, nema ih više na krčevinama, a njihovo su mjesto zapremile posve druge biljke s posve drugim životnim uvjetima, n. pr. kupina *(Rubus fruticosus)*, malina *(Rubus idaeus)*, naprstak *(Digitalis purpurea)*, velebilje *(Atropa Belladonna)*, vrbolika *(Epilobium angustifolium)* i dr.: s uništenjem jednoga člana šumske sinharmonije razorili smo cijeli sklop biljne zadruge. U biljnom svijetu postoje dakle sinharmonijske zajednice raznih životnih oblika, koje su udružili zajednički životni interesi. Već je Humboldt, osnivač biljne geografije, označivao neke biljke kao zadružne ili socijalne. O njima piše ovako: „Biljke, koje sam nazvao zadružnima, nastavaju zemlju na daleko i široko. To su alge u morima, lišaji i mahovi na niskim ravnjacima sjeverne Azije, trave, kakteje i mangrove u tropama, crnogorične i brezove šume u baltičkim i sibirskim ravnicama". Time se prilično jasno označuju biljne zadruge. Biljne zadruge mogu biti različite: Jedne živu na istom tlu, uživaju iste koristi staništa, te naprosto čine slučajno društvo, kojega se članovi mogu razići svaki na svoj kraj, jer nijesu jedan o drugome zavisni; pojedini članovi mogu pače stvarati i nova društva, ali i opet po istim pravilima. Takova biljna društva nalazimo u prirodi ponajviše, a to su tako zvane biljne formacije. Pojedine članove takovih zadruga zovemo i komensalima, a pojav udruživanja komensalizmom. Ali socijalni odnosi među biljem mogu biti i uži, tako da jedan član društva uopće ne može živjeti bez drugoga, te oba čine „zadrugu s uzajamnim jamstvom", a ova se može pretvoriti u tako usku vezu, da jedan član živi u drugom čineći jedinstven organizam, kakov smo n. pr. upoznali u lišajima. Takove nerazdružne životne zajednice zovemo simbiozom (zajedničko življenje).

U biljnom svijetu ima socijalnih odnosa u svakojakim varijacijama, počevši od posve slučajnih društava sve do nerazdružnih simbioza.

27. Zadrugarstvo u biljnome svijetu.

(Sinekologija bilja).

Ekologija bilja pokazala nam je sve uvjete, koji odlučuju o životu i o obliku biljke. Pod utjecajem svih edafskih i klimatskih prilika nastao je od svakoga razvojnog oblika neki životni oblik. Ovi su životni oblici podvrgnuti sinharmonijskomu principu, a pod njegovim se utjecajem udružuju oni u više ili manje slobodna društva, koja su nastala, kao i svako društvo, po zajedničkim potrebama i svrhama: potreba jednakoga tla, klime i svijetla dovela je mnoge biljke do združivanja u zadruge. Nauka, koja izučava postanak i sastav tih biljnih zadruga, zove se sinekologija bilja.

Za primjer jednostavnoga biljnog društva navodim bukovu šumu. Ona je najraširenija šumska zadruga u srednjoj Evropi. U njoj se pod okriljem bukve udružilo razno nisko šumsko rašće, n. pr. šumarica, kopitnjak, lazarkinja, bršljan *(Anemone, Asarum, Asperula, Hedera)* i drugo, mogli bismo reći, u nerazdružnu zajednicu. Takovo njihovo društvo zovemo obično formacijom, a prema tome i sinekologiju zovemo naukom o formacijama. Takovih biljnih društava ili formacija ima veoma različnih. Schimper razlikuje primjerice klimatske formacije, koje su značajem zavisne o klimatskim faktorima (toplina, vlaga i svijetlo) — takove su šume, travnjaci i pustare; edafske formacije, koje su značajem zavisne o kemijskim i fizikalnim svojstvima tla, a to su n. pr. močvare, cretovi, mangrove, pješčare i t. d. Ali razlikovanje po ovom principu teško se provodi, kako se je poslije ispostavilo, jer je vrlo teško lučiti edafske faktore od klimatskih. A i sama riječ „formacija" označuje sad širu, sad opet užu biljnu zadrugu; često pak zadruge posve različita florističkoga sastava stoje pod jednakim sinekologijskim uvjetima. Promatrajući biljne zadruge treba dakle uzeti u obzir ove momente: floristički sastav biljne zadruge, fizionomiju njezinu i ekologijske uvjete, uz koje živi.

Biljnu zadrugu nekoga florističkoga sastava, jedinstvene fizionomije i jedinstvenih prilika na zajedničkom staništu zovemo asocijacijom (udruženjem). Asocijacija je ujedno i najniži stupanj biljnih zadruga. Zadruge, koje imaju jednako stanište i fizionomiju, a sastoje se od floristički različnih asocijacija, zovu se formacije. Formacija se odnosi prema asocijaciji kao rod prema vrsti. Moderna nauka o formacijama označuje formacije latinskim imenom one biljke, koja u njima u svakom pogledu prevladava, n. pr. ona formacija bukve, u kojoj je kao glavni zadrugar bršljan,

zvala bi se *Fagetum silvaticae hederosum*. Formacije jednaka značaja čine pak formacijske skupove, n. pr. grabova, bukova i hrastova šuma čine zajedno skup listopadnih šuma. Biljna zadruga najvećega stepena je vegetacijski tip, a taj se raspoznaje po fizionomiji već iz daleka; to su n. pr. šume, livade, travnjaci, pustare. I vegetacijske tipove nazivaju često formacijama, tako da su ti pojmovi danas još općeno u literaturi nesređeni i nejedinstveni. Ali nije našom zadaćom, da ovdje dalje raspravljamo o ovom čisto biljno-geografičkom pitanju: ovdje kanim samo pokazati najznatnije i najobičnije šire biljne zadruge, kakove su raširene po zemlji.

Tundra.

Tundre su jednolični travnjaci, koji su se razvili na skrajnjem sjeveru Evrope, Azije i Amerike, te su zapremili silna područja

Slika 161. Tundra u zemlji Samojeda. (Iz djela Karsten und Schenk: Vegetationsbilder.)

po prilici dalje od 70° sjev. širine sve do vječnoga leda. (Slika 161.). Vrlo oštra zima s temperaturama daleko pod ništicom, hladni i jaki vjetrovi i duga noć glavni su faktori, koji djeluju na tu vegetaciju. Cijela se vegetacija sastoji od golih, nepreglednih

travnjaka, na kojima ima vrlo malo trava *(Eriophorum, Hierochloa, Alopecurus, Dupontia)*, ali zato prevladaju lišaji *(Cladonia, Evernia, Cetraria)* mahovi *(Polytrichum, Dicranum, Sphagnum)*. U proljeće oživljavaju ovu pustoš i nekolike fanerogame *(Saxifraga, Cochlearia, Cardamine, Chrysosplenium)*; a južnijim se krajevima pridružuju još i neki grmovi, koji su od zime ostali kržljavi, te su se jedva izdigli iznad tla, kao n. pr. *Salix polaris, Empetrum nigrum, Rubus Chamaemorus, Vaccinium, Andromeda.*

U toj pustoši nalaze ipak mnoge životinje dosta hrane, pače i čovjek ima tu „zelja i korijenja"; za to mu služi korijenje, lišće i izdanci od raznih vrsta kao *Pedicularis, Cineraria palustris, Petasites frigidus, Hedysarum obscurum i dr.*

Livada.

Livada je značajan tip vegetacije umjerenoga pojasa, a napose srednje Evrope. Pojavljuje se obično u nizinama porječja, gdje im je voda izdanica glavni uvjet opstanku; uz iste se uvjete pojavljuje i u gorskim krajevima. Livada je prema tome higrofilna zadruga, koju sačinjavaju poglavito prave trave *(Gramineae)*. Ove pokrivaju tlo na gusto čineći tako zeleni sag: zimi te trave od velike česti uginu, a od česti i prezime ostajući zelene, dok podzemni dijelovi ostaju trajni. Najobičnije livadne trave jesu: pahulja *(Phleum pratense)*, repak *(Alopecurus pratensis)*, rosulja *(Agrostis vulgaris)*, glušac *(Bromus)*, zlatno koljeno *(Anthoxanthum odoratum)*, vlasnjače *(Poa*-vrste), treslica *(Briza)*, vlasulja *(Festuca)*, rdobrada *(Dactylis glomerata)*, ljulj *(Lolium)* i t. d. Među ovim mnoštvom travâ usute su i mnoge druge biljke, koje livadi podaju osobiti čar bojâ. Čovjek čisto uživa, motreći u proljeću naše zagorske livade, kada se zabijele od režuhe *(Cardamine pratensis)* kao da su snijegom posute, a gdjegdje na vlažnijm mjestima od sunovrata *(Leucojum vernum)*. A ljeti, kuda nam god oko seže, širi se zlatni sag od neizmjerna broja žabnjaka *(Ranunculus acer)*, koji je gdjegdje išaran crvenilom drijemine *(Lychnis flos cuculi)*; gdjegdje pak prevladava mnoštvo kiselice *(Rumex acetosela)*, mrkve *(Daucus Carota)* ili zlate djetele *(Trifolium patens)*, a da i ne nabrajamo velik broj ostalih pratilica *(Achillea Millefolium, Chrysanthemum Leucanthemum, Lotus corniculatus, Salvia*

pratensis i t. d.). Gdje je livada prevlažna, tu stanu prevladavati šiljevi i šaševi *(Cyperaceae)*.

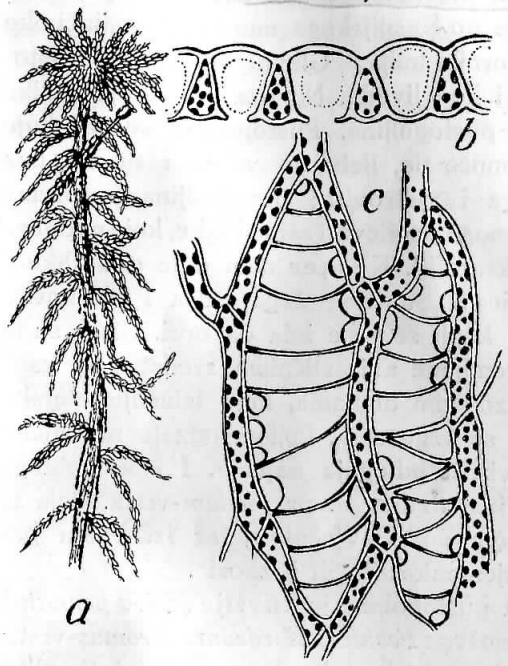
Cretovi ili tresave.

U botaničkom smislu razlikujemo dvije vrste biljnih zadruga creta: livadni i nadignuti. Zato, što je prvi plosan, a drugi je prema sredini povišen, možemo prvi zvati i plosnim cretom, a drugi nadignutim tresetnim cretom, jerbo u ovom posljednjem prevladavaju poglavito mahovi tresetnjaci *(Sphagnaceae)*. Livadno se cretno tlo sastoji od izumrlih i uginulih biljaka, t. zv. treseta,

Slika 162. (Vlasinska tresava) Košanin.

koji ima vrlo mnogo huminskih tvari a i rudnih soli; vegetaciju mu sastavljaju poglavito šaševi *(Carex)*, sitine *(Juncus)*, trave i mahovi, a uz rubove močvara gusto je porastao rogoz *(Phragmites communis)*. Drži se među ostalim da ovaj cret nastaje i tako, da obalna močvarna flora raste sve dalje u močvaru, dok je ne zaraste, tvoreći pri tome podlogu za drugo bilje. Od tih močvarnih cretova čini se da su nastali nadignuti cretovi, i to tako, da su u toj zadruzi predobili vodstvo mahovi tresetnjaci *(Sphagnum*

cymbifolium i Sph. recurvum). Cijelo tlo u tim cretovima prekrivaju tresetnjaci. Kad po takovu cretu hodamo, noga nam upada, a voda pod nogama pišti; stoga takovo tlo i zovu pištalinom. Ipak rastu na tom tlu mahovi, koje po njihovoj građi možemo držati više kserofitima nego higrofitima; tresetnjaci su tako rekavši na samoj vodi vode ždni. Tresetno je naime tlo, kako kažemo, fiziološki suho, jer ima u sebi toliko huminskih koloidalnih tvari, koje vežu vodu, tako da je tresetnjaci ne mogu upotrijebiti. Stoga imaju ti mahovi u lišću i u stabljici posebne stanice, koje služe samo za upijanje i spremanje kiše (Slika 163). Pravi cret raste neprestano, budući da donji dijelovi ginu, a gornji rastu dalje. Cret je slabo hranivo tlo, pa je i biljna zadruga, koja na njem živi, vrlo oskudna, ali zanimljiva. Ima tu i šaševa *(Carex*-vrste), pa je tu krasna trava suhopernik *(Eriophorum)*, a značajni su i neki grmovi, n. pr. *Empetrum nigrum*, *Vaccinium oxyococcus*, *Vaccinium uliginosum*, *Andromeda poliifolia*, *Myrica Gale* i dr. Najzanimljiviji stanovnici creta su mesožderke *Drosera*-vrste. U lokvicama i jezercima cretova još su od alaga značajne desmidije *(Desmidiaceae)*, kojima su cretovi prava postojbina. Cretovi su često obrasli gustom kosodrvinom *(Pinus Mughus* i *uncinata)*



Slika 163. *a Sphagnum cymbifolium*, cijela biljka. *b* presjek lista vrste *Sph. ruppinense*, *c* stanice lista iste vrste odozgora motrene. (Po Warmstorfu).

Cretovi su rasprostranjeni poglavito u hladnijim predjelima, a najviše ih ima u sjevernoj Evropi i Americi. U nas su poznati cretovi sa tjemena Pohorja i sa Pokluke u Sloveniji, u Banovini

i u Gorskom Kotaru u Hrvatskoj, na više mjesta u Bosni i u Srbiji, gdje je osobito velika i dobro istražena tresava Vlasina (Košanin).[1]

Pustopoljina ili stepa.

Naziv stepa potječe iz Rusije, gdje se tim imenom označuju silni travnjaci kao biljne zadruge bez drveća, koje su se prostrle od Besarabije sve do Kaspijskoga mora zapremajući oko 50.000 zemljopisnih četvornih milja.[2] Glavni sastav tih pustopoljina jesu trave kao i kod livada. No uza sve to je velika razlika između livade i pustopoljine. Pustopoljina se oživljuje s proljeća, kada kiše namoče tlo, ljeta su vruća i suha i bez kapi kiše, a zima je oštra i vjetrovita; pustopoljina je prema tome suho područje, gdje mogu uspijevati samo biljke, koje podnose ljetnu sušu, kao što su kserofiti. Kerner nam daje ovu sliku o biljnom svijetu pustopoljina: „Sunčana žega, suša i pjeskovito tlo neprijatelji su, protiv kojih se bilje ima da bori. Stoga su te biljke pustopoljinske opremljene najrazličnijim sredstvima, kao: jakom dlakavošću i žlijezdastim dlakama, koje izlučuju eterska ulja. Protiv pijeska bore se vriježama, kojima puzaju na daleko i široko pod pijeskom, vireći gdjegdje napolje. I sukulentnoga bilja s mesnatim lišćem ima ovdje, n. pr. *Sedum*-vrsta, koje se takodjer bore s nestašicom vode. Vječni vjetar izrabljuju bar toliko, što mu predaju sjemenke, da ih raznosi".

Najznačajnija biljka pustopoljine je kovilje *(Stipa pennata)*, a osim nje ima još u mnoštvu *Festuca, Hordeum* i *Bromus*-vrstâ. Sve te trave građene su kserofitski, tako da mogu izdržati veliku sušu. Njima se pridružuju osobito biljke s lukovicama, gomoljima i podancima, koje u proljeću ocvatu, a ostalo suho doba godine provedu u tlu. To su poznate krasnice proljeća *Muscari, Crocus, Tulipa, Iris, Ornithogallum, Gagea* i dr. Za ljetne žege pojave se i nove družice pustopoljinske, n. pr. *Centaurea solstitialis, Artemisia vulgaris, A. absynthium*, a oživljavaju tu ravnicu *Delphinium Ajacis, Salvia Aethiops, Papaver arenarium i dr.* Ljeti, a osobito jeseni, izgubi pustopoljina svoju zelenu odjeću i zaodjene se sivožutim sagom, koji je čini osobito značajnom.

[1] Košanin N.: Vlasina. Biljnogeografska studija. Glas kr. srpske akademije. Knj. 81. 1910.

[2] 1 geografička četvorna milja = 35·06 četvornih kilometara.

Ruska pustopoljina prelazi djelomice i u ugarsko nizozemlje, gdje je poznata s imenom „puszta". Pusta se razlikuje od prave pustopoljine, što nije toliko jednolična, nego se u njoj izmjenjuju pustopoljine s brežuljcima, plodnim livadama i kulturnim oazama.

Pustopoljina je više klimatska negoli edafska biljna zadrsga, jer se tlo njeno često mijenja. Ima pravih pješčanih pustopoljina, a ima i takovih, kojima tlo obiluje natrijevim solima; takove „slane stepe" imaju i posve halofitsku vegetaciju, u kojoj su značajni poznati halofiti *Salsola Kali* i *Salicornia herbacea.* Gdje velike rijeke i potoci prelaze pustopoljinom, tu je već omogućen život i vrbi i topoli.

Prerija.

Prerije (franceski: prairie) kserofitski su travnjaci bez ikakva drveća, koji se protežu k jugoistoku od visogorja Rocky Mountains zapremajući sjeverno-američke države Nebrasku, Iowu, Kansas, Dakotu, a od česti i Wisconsin, Minnessotu i Illinois. To su predjeli, gdje ljeti vlada silna žega, a jeseni i zimi oštra studen s hladnim vjetrovima. Vegetacija je najbujnija u proljeću, a svojim se florističkim sastavom bitno razlikuje od evropske pustopoljine kojoj je inače s obzirom na fizionomiju vrlo srodna. Glavni sastav vegetacije čine doduše trave, ali ove vrste: Buffalo-trava *(Buchloë dactyloides)* i Mesquite-trava *(Bouteloua oligostachya)* kao najznačajniji tipovi, kojima se pridružuju još *Koeleria cristata, Sporobulus asperifolius, Eatonia obtusata, Stipa spartea, Calamogrostis longifolia* i mnoge druge. Prerije su od velike česti i dobri pašnjaci, te se je ondje stočarstvo na nomadski način (farmeri) prilično razvilo.

Od drugoga niskoga bilja miješaju se među trave poglavito još i glavočike, skrofularije i usnjače, od kojih mnogo još i za ljetne žege cvatu. Odavle potječu i dvije u Evropu donesene biljke: sunčanica *(Helianthus annuus)* i pupoljka *(Oenothera biennis).*

Pampas.

U Južnoj Americi od čilskih Anda pa do Atlantika protežu se poglavito kroz Argentiniju i Uruguay silni travnjaci pustopoljinskoga karaktera, koje zovemo pampas. I pampas sačinjavaju

travnjaci bez drveća s kserofilnom vegetacijom (Slika 164.); ona se sastoji od vrlo velikoga broja vrsta, od kojih su zastupani poglavito rodovi: *Poa, Aristida, Stipa, Bromus, Briza, Panicum, Paspalum* i dr., a među njima je najljepša visoka trava

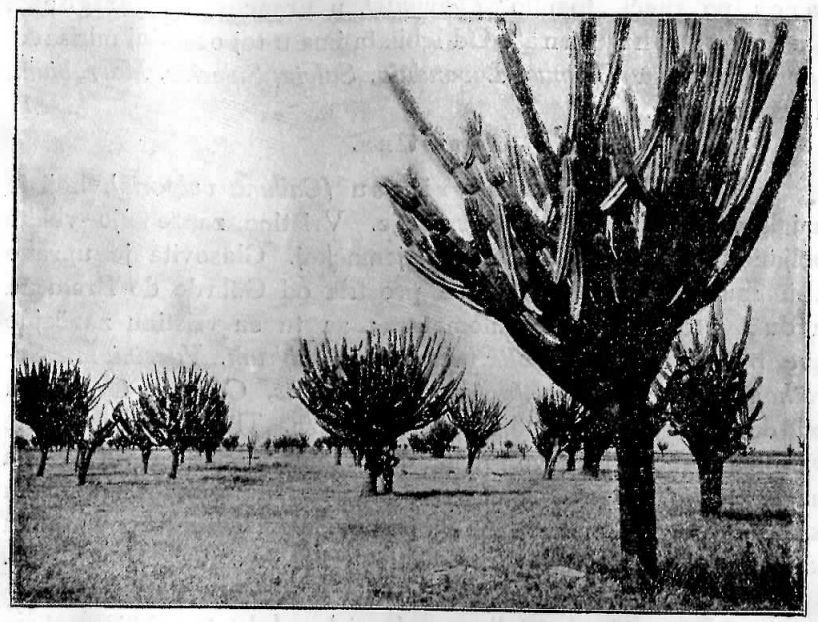
Slika 164. Pampas sa palmama u Argentiniji (Kerner).

Gynerium argenteum, koju radi osobita oblika goje i kod nas u nasadima. Brojno su zastupane i druge zeleni, a ponajviše porodice: *Rubiaceae, Papilionaceae, Verbenaceae i Portulacaceae.*

Savana.

I savane (dolazi od španjolske riječi sabános) su kserofitski travnjaci, u kojima je na široko porazbacano drveće. Time se savane i razlikuju od stepa i prerija. Savanâ ima ponajviše u ekvatorijalnoj Americi i u Africi, a i u Australiji. Floristićkim sastavom savane su različne, ali su po ekologiji i fizionomiji jedinstvene (Slika 165.). Vegetacija počinje mjeseca travnja, jer tada počinju trave tjerati. Za malo ove trave dosegnu silne dimenzije, te su veće od čovjeka, a pojedini su busovi razmaknuti. U prvi mah ima cijeli kraj vid nepreglednih travnih poljana, koje nijesu tako zelene kao naše livade, jer se prošlogodišnji suhi vlatovi miješaju s novim zelenima. Veličina busova

zavisi od množini kiša; dogodilo se već, da putnici isti kraj savanski nijesu prepoznali, jer ih je visina trave zavarala. Među tim travama nalaze se i druge zeleni — poglavito *Leguminosae, Amaranthaceae, Compositae* —, pa grmlje i drveće, također kserofitski udešeno, a urešeno je u najbujnije godišnje doba mirisavim cvjetovima. Koncem vegetativnoga perioda cijeli se kraj



Slika 165. Savana s kaktejama *(Cereus pruinosus)* u Kolombiji (Kerner).

brzo osuši, a u suhim mjesecima ima tada savana upravo žalostan zimski izgled (Diels, Pflanzengeographie p. 89.).

Najprostranije su savane u Africi, gdje su trave visoke i preko dva metra; među njima se vidi gdjegdje po koje drvo. Najznačajnije drvo afričkih savana jest baobab *(Adansonia digitata)*, koje naraste i do 10 metara u obujmu, a u suho doba odbacuje lišće kao i kod nas drveće pred zimu. U savanama ima i paoma, od kojih je u Africi značajan *Borassus flabelliformis*, a u Americi *Mauritia flexuosa* i *Maximiliana regiana*. Australske su savane naprotiv značajne orijaškim i do 140 metara visokim eukaliptima *(Eucalyptus amygdalina, marginata)*.

Kamenjare.

Najbliže možemo ovu zadrugu naći u primorju dalmatinskom i na našim otocima gdje je značajna za kamenito tlo. Vegetaciju čine poglavito kserofilne usnjače *(Labiatae)*, koje su se razvile poput niskih grmova. Ova je formacija rasprostranjena u svim krajevima oko Sredozemnoga mora; u Španiji je zovu tomillares po riječi „tomillo" *(Thymus)*, u Francuskoj „garigues", a u Grčkoj „phrygana". Od labijata ima u toj osobitoj mirisavoj zadruzi rodovâ *Thymus, Lavandula, Salvia, Sideritis, Marrubium, Teucrium* i dr.

Vriština.

Vrištine nose ime po vrijesu *(Calluna vulgaris)*, koji je najglavniji zadrugar ove formacije. Vrištine zapremaju velike poljane poglavito u sjevernoj Njemačkoj. Glasovita je upravo „Lüneburger Heide", koja se prostrla od Göhrde do Bremena u dužinu od nešto 90 kilometara; za tu su vrištinu značajne ove biljke: *Erica Tetralix, Empetrum nigrum, Vaccinium, Sarothammus scoparius, Juniperus communis, Genista, Cytisus,* a od drveća samo gdjegdje po koja breza. Tlo, na kojem raste vriština, slabo je hranivo i nema dosta mineralnih hranivih tvari, a najmanje ima vapna. Stoga i vegetacija vrištine ima u neku ruku kserofilni izgled, a daju nam ga ponajviše mikrofilni tipovi, među kojima se opet u prvom redu ističe vrijesak s ljuskastim lišćem.

U nas ima vriština vrlo mnogo u Lici i Krbavi, a čini ih samo obični vrijesak *(Calluna vulgaris)*; od drugoga bilja u njima je najznačajnija bujad *(Pteridium aquilinum)*.

Makija.

Adamović, prikazujući biljne zadruge bilinskoga svijeta Dalmacije,[1] kaže odmah u početku svoga prikaza: „Ništa bolje ne može označiti Dalmaciju i krajeve oko Sredozemnog mora i prikazati njihovu značajnu sliku — do makije. Makijom (tal. macchia, franc. maquis) razumijeva se zimzeleno grmlje, koje čini neprohodnu guštaru, gdjegdje ispresijecanu prosjecima i prolazima; nju susrećemo svuda u Primorju, gdje podaje kraju

[1] Adamović Lujo: Die Pflanzenwelt Dalmatiens, Verlag Klinkhardt, Leipzig 1911.

osobiti jednoličan izgled." Makija se sastoji od raznolika grmlja, koje je združila u zajedničku zadrugu tek jedna želja i svrha, da se obrane od ljetne suše. To grmlje ima s toga razloga kserofilni značaj, koji se ističe kožnatim i tvrdim tako zvanim sklerofilnim lišćem. Što je zadruga gušća, to je i bujnija, jer bolje prekriva i čuva tlo od isušenja. Glavni su zastupnici te zadruge ovi: zelenika *(Phillyrea media)*, smrika *(Juniperus Oxycedrus)*, pukinja *(Juniperus macrocarpa)*, planika ili mukinja *(Arbutus Unedo)* s prekrasnim cvatovima i plodovima, mrča *(Myrtus italica)*, tršlja *(Pistacia Lentiscus)* i smrdljika *(Pistacia Terebinthus)*, a njima se pridružuju još i ružmarin *(Rosmarinus officinalis)*, veliki vrijes *(Erica arborea)*, kapinika *(Calycotome infesta)*, bodljikava tetivika *(Smilax aspera)* i crna drača *(Paliurus australis)*. Još bismo mogli nabrojiti veći broj zadrugara makije, ali se ovi mijenjaju već prama kraju.

Posve identična ekologijom i fizionomijom jest formacija „chaparral", koje ima u sjevernoj Americi na obalama Tihoga oceana. Tu zadrugu čine dakako posve drugi floristički tipovi, kao: *Arctostaphylos tomentosa, Prunus ilicifolia, Adenostoma fasciculatum, Rhamnus franguloides* i dr.

U vegetacijskom carstvu Kaplandije nalazimo sličnu sklerofilnu i grmoliku zadrugu, koja se sastoji poglavito od rodova za kapsku floru značajnih porodica: *Proteacea* i *Ericacea*.

I općeno poznati tip australske vegetacije „scrub" zadruga je istoga tipa, naime gusta, neprohodna, sklerofilna guštara. Mallee-scrub čine poglavito eukalipti *(Eucalyptus)* miješani s kazuarinom *(Casuarina)*, a „brigalow-scrub" sastoji se poglavito od akacija *(Acacia)*. Mulga-scrub je više otvorena formacija s rastrkanim grmovima akacija i kasuarina.

Šibljak.

Istraživač vegetacije balkanskih krajeva prof. Lujo Adamović naziva imenom „šibljak" grmovitu, ponajviše listopadnu biljnu zadrugu, koje ima u primorju Dalmacije, Bosne i Hercegovine, Crne Gore, Albanije, Epira, Makedonije, Srbije i Bugarske[1]; Pojedini su zadrugari šibljaka biljke, koje trebaju dosta

[1] L. Adamović, Die Vegetationsverhältnisse der Balkanländer. Leipzig, 1909, Verlag Engelmann.

svijetla i topline. Šibljak je svojim oblikom po prilici isto ono što i naša obična šikara, ali uz tu razliku, da je šikara nastala utjecanjem čovjeka i životinja, jer je čovjek posjekao šumu, a životinje su popasle niske zeleni, dok je šibljak po mnijenju Adamovićevu nastao i bez utjecaja tih faktora. Po svojem floristićkom sastavu šibljak je raznolika zadruga; Adamović joj razlikuje više tipova:

1. **Petteria-šibljak** *(Petteria ramentacea)*, koje ima i u Dalmaciji, Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori i u Albaniji.

2. **Juniperus-šibljak** (*Juniperus Oxycedrus i communis*). Ova je zadruga zimzelena, te se fizionomički jedva razlikuje od makije; ima je u Dalmaciji, Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori i u Albaniji.

3. **Laurocerasus-šibljak** *(Prunus Chamaecerasus)*, kojemu se pridružuju i druge *Prunus*-vrste *(Pr. Mahaleb, spinosa, divaricata, insititia)*.

4. **Coggygria-šibljak** (*Cotinus Coggygria)* raširen je po cijelom balkanskom poluotoku, a pratilice su mu: *Rhamnus cathartica, Acer tataricum, Colutea arborescens, Fraxinus Ornus, Ligustrum vulgare, Prunus spinosa* i dr.

5. **Paliurus-šibljak** *(Paliurus australis)* jednolika je zadruga bez primjesa, a raspostranjena je po cijelom balkanskom poluotoku.

6. **Syringa-šibljak** (*Syringa vulgaris*, jorgovan). Jorgovan pripada balkanskoj flori, a najviše je raširen u Bugarskoj. Jorgovan raste obično u društvu s drugim raznim grmljem (*Evonymus, Prunus, Fraxinus, Cornus, Ligustrum*).

7. **Amygdalus-šibljak** sastoji se od kršljavoga badema (mendule) (*Amygdalus nana*), a raširen je po istočnoj Srbiji i po Bugarskoj. Adamović opisuje tu zadrugu kao najljepšu na Balkanu. „Pogled na ovu zadrugu za punoga cvata upravo očarava. Veliki i kao škrlet crveni cvjetovi božura uzdižu se nad tamno-zelenim lišćem, koje stada i ne dotaknu. U ovom svježem zelenilu i crvenilu ističe se nježno zeleno lišće i ružičasto-crveni cvjetovi badema. Kao snijeg bijeli grmovi gloga i trnule sa žutom grohotušom (*Colutea*) i šibikom (*Coronilla emeroides*) upotpunjuju ovu sliku."

8. **Quercus-šibljak** (*Quercus lanuginosa* = hrast medunac). Ova je zadruga po svojoj fizionomiji više kršljava gora ili šuma negoli šibljak.

* * *

Gdjegod se udružuju drveta ili stabla u zadruge, nastaju šume, koje su raširene u svim dijelovima svijeta na obje strane ekvatora sve do arktičkoga i antarktičkog pojasa. Šume se kao tip vegetacije razlikuju svojim sastavom, oblikom i životom na više tipova.

Tropska kišna šuma.

U tropskim krajevima, gdje je srednja godišnja oborina poprečno 200—400 centimetara. a i više, rastu bujne i guste

šume, koje se odlikuju velikim brojem tipova. Svi ti raznoliki tipovi imaju zajedničku životnu oznaku u prilagodbi na veliku vlagu. Lišće je vazda zeleno, a obnavlja se djelomično bez stalnih godišnjih perioda. Tropske kišne šume osobito su značajne mnoštvom penjačica, povijuša i epifita, koje se uspinju visoko u krošnje drugoga drveća; to su ponajviše vrste iz porodica araceja, lilijaceja, orhideja i bromelija. Od drveća su najznačajnije paome i stablaste paprati. Najbujnije se tropske prašume nalaze na otoku Ceylonu, u Stražnjoj Indiji, na indomalajskom otočju i u Braziliji, napose u porječju Amazone.

Suptropska šuma već nije toliko vlažna, te gubi pomalo svoj pravi tropski značaj. Lijane se i epifiti pomalo gube, a i broj vrsta bude sve manji.

Tropska monsunska šuma.

Ova šuma značajna je po tome, što nije cijele godine zelena, nego gubi lišće za suhoga doba, koje nastaje od monsunskih vjetrova. Takove su šume poznate u Stražnjoj Indiji, i na otoku Javi. „Teak-šume", u kojima prevladava *Tectona grandis*, stasito stablo, kojega drvo uzimaju za građu brodova, „eng-šume" *(Dipterocarpus tuberculatus)* i „ska-šume" *(Acacia Catechu)* izgubile su već značaj prašuma, te su se pretvorile u gojene jednolike šume. Za kišnoga perioda ova je šuma veoma bujna, te se malo razlikuje od kišne šume, premda ima lijana i epifita mnogo manje.

Bjelogorična ili listopadna šuma.

Bjelogoričnu šumu umjerenoga sjevernog pojasa mogli bismo zvati i ljetnom šumom, jer je ta šuma najrazvitija ljeti. Ove se šume sastoje od tropofitskoga drveća, koje zimi odbacuje lišće: poradi niske temperature ne može korijenje upijati vodu, a isto bi tako i transpiracija zimi bila opasna životu biljke. Prema tome je udešen cijeli život drveća: ljeti stvaraju ti protofiti prekomjernu količinu hrane, koju u proljeću upotrebljuju za razvijanje pupova.

Za sve te listopadne šume značajno je, da su sastavljene od vrlo malo vrsta, pače vrlo često i od jedne jedine. Uzrok tome je taj, što na naše šume utječe čovjek i kultura. Najobičnija drveta, koja sastavljaju te šume, jesu: bukva *(Fagus silvatica)*. hrast-lužnjak *(Quercus pedunculata)*, hrast-kitnjak *(Quercus sessiliflora)*, grab *(Carpinus Betulus)*, javor *(Acer pseudoplatanus)*,

bijeli jasen *(Fraxinus excelsior)*, pitomi kostanj *(Castanea sativa)* i dr. Kao mješovitu šumsku zadrugu drveća spominjem ovdje onu šumu, koja raste u južnoj Hrvatskoj, Dalmaciji, Bosni i Hercegovini, a sastavljena je poglavito od ovoga drveća: *Quercus pubescens* ili *lanuginosa*: hrast medunac; *Ostrya carpinifolia*: crni grab; *Carpinus duinensis*: bijeli grab; *Acer monspessulanum*: klen; *Fraxinus Ornus*: crni jasen; *Acer obtusatum*: maklen; *Prunus Mahaleb*: raševljka. Tu miješanu šumu nazvao je zaslužni istraživalac „ilirske flore" bivši profesor botanike praškoga njemačkog sveučilišta Günther Beck Mannagetta[1] imenom „krška šuma", jer raste ponajviše u krškim krajevima; Adamović je naprotiv zove „jasenovom mješovitom šumom", jer da u njoj kao konstantna vrsta raste crni jasen. Prvobitno je navodno bila ova šuma sastavljena od hrasta, koji je čovjek pomalo posjekao, a na to su sporedni elementi prevladali i jače se razvili.

Ljetna listopadna šuma razvila se obično u tri stepena, i to: nisko rašće, grmlje i drveće. Od grmlja su običajni: žutika *(Berberis vulgaris)*, bijela loza *(Clematis vitalba)*, kao povijuša, popova kapica *(Evonymus europaeus)*, krkovina *(Rhamnus)*, svibovina *(Cornus sanguinea)*. Niske zeleni obično su značajne za svaku šumu nekoga tipa; tako n. pr. u svakoj bukovoj šumi nalazimo kao stalne pratilice: bijelu šumaricu *(Anemone nemorosa)*, žutu šumaricu *(Anemone rununculoides)*, lazarkinju *(Asperula odorata)*, Salamunov pečat *(Polygonatum multiflorum)*, đurđicu *(Convallaria majalis)*, zubicu *(Dentaria bulbifera)*, kopitnjak *(Asarum europaeum)*, zvončiku *(Campanula persicifolia)*, urodicu *(Melampyrum nemorosum)*, ceceljaču *(Oxalis acetosella)* i t. d. Hrastove su šume obično oskudnije zadružnim tipovima, te u njima poglavito u nizinama rastu trave *(Agrostis, Dactylis)* i šaševi *(Carex)*, ako je šuma vlažnija, a od ostalih: jagoda *(Fragaria vesca)* i urodica poljska *(Melampyrum pratense)*.

Listopadne šume američke mnogo su obilnije vrstama nego evropske i azijske. Fizionomija im je inače jednaka; tu ima veliki broj amerikanskih hrastova *(Qu. alba, falcata, Phellos, rubra* i t. d.), javora *(Acer sacharinum, rubrum)*, bukava *(Fagus*

[1] G. Beck von Mannagetta, Die Vegetationsverhältnisse der illyrischen Länder. Leipzig, Verlag Engelmann, 1901.

americana), lipa *(Tilia americana, heterophylla)*, oraha *(Juglans nigra, cinerea, Carya tomentosa, alba)*, a k tome pridolaze još i tipovi, kojih u Evropi uopće nema, n. pr. magnolije *(Magnolia Fraseri, acuminata, Liriodendron tulipifera)*, pa *Diospyros virginiana, Liquidambar styraciflua, Gymnocladus canadensis.* Isto im je tako i niska zadružna flora posve druga nego u Evropi.

Slika 166. Šuma prave omorike *(Picea omorica* Pančić) u Bosni. (Po fotografiji Topića).

Na južnoj polutki nema takovih tipskih listopadnih šuma, jerbo im ne prijaju klimatske prilike; tek u Patagoniji, na skrajnjem jugu Južne Amerike, ima takovih listopadnih zadruga, koje sačinjavaju srodnici naše bukve roda *Nothofagus*.

Crnogorična zimzelena šuma.

Crnogorična zimzelena šuma razlikuje se rodom, obličjem i životom od bjelogorične šume. I ova je zadruga rasprostranjena ponajviše u umjerenom pojasu Evrope, Azije i Amerike, a

sastavljena je od raznih vrsta konifera *(Coniferae)*. Glavna joj životna razlika od bjelogorice jest ta, što su asimilacijski organi crnogorice primili kserofitski značaj, građu i oblik, te zato zimi ne otpadaju. Igličastu šumu sastavljaju u evropskom i azijskom šumskom području ponajviše rodovi bor *(Pinus)*, smreka *(Picea)*, jela *(Abies)*, ariš *(Larix)*, a u Americi još i rodovi *Sequoia* i *Taxodium*, a za Južnu Ameriku, Braziliju i Chile, značajan je osobito rod *Araucaria;* osobito su značajni među ovima rodovi *Larix* i *Taxodium*, jer preko zime ipak odbacuju iglice. U nas su najčešće šumske zadruge smreke *(Picea excelsa)* ili jele *(Abies pectinata)*, a i bora *(Pinus silvestris)*. U Bosni i Srbiji je osobito značajna prava omorika *(Picea omorica)*, koju je prvi obreo srpski botanik Pančić, a raste u višim brdima i molika *(Pinus leucodermis)*. U našem Primorju živi i pojedinačno i u šumama primorski bor *(Pinus halepensis)* i crni bor *(Pinus nigra)*. Najznatnije i najveće crnogorične šume jesu u baltičkim krajevima, pa u Švedskoj i u Norveškoj.

Crnogorične su šume obično guste i sjenovite, te stoga nemaju velike zadruge nižega rašća. Borova šuma, koja je svjetlija, ima značajne pratilice: borovnice *(Vaccinium*-vrste), vrijes *(Calluna vulgaris)*, *Arctostaphylos Uva ursi*, nekoje trave, pa rodove *Dianthus, Pulsatilla, Listera, Monotropa* i dr. Smrekova je šuma tamnija i gušća, a stoga je nisko rašće slabo razvijeno. Od grmlja raste gdjegdje bazag i brekinja, pa kupina, a zeleno nisko rašće još je rjeđe, *(Phyteuma, Hieracium, Oxalis)*. Ni bujno proljeće ne oživljava ovaj jednolični život smrekove zadruge, jer je i tada jednako tamna i neprijatna kao i u ostalo godišnje doba.

Zimzelena sklerofilna šuma.

Značaj sklerofilnosti, naime tvrdoga i kožnatog lišća, pripada bilju, koje živi u razmjerno suhim krajevima. Takove biljne zadruge upoznali smo primjerice u krajevima oko Sredozemnoga mora. Makije imaju značaj sklerofilnoga bilja, a tako isto i „chaparral", „scrub", a i kapska flora. Gdje ima sklerofilne šikare, ima i šuma. Takove zimzelene sklerofilne šume čine u našem Primorju lovor *(Laurus nobilis)* i česvina *(Quercus Ilex)*. U kapskoj flori značajne su šume srebrodrva *(Leucadendron)*, a u Australiji šume

eukalipta *(Eucalyptus)*. Ekologija i fizionomija sklerofilnih šuma je kserofitska.

Pregledamo li konačno sve ove biljne zadruge, to među njima razlikujemo neke skupove, koje čini određene vegetacijske oblike. Sa sociološkoga gledišta razvrščujemo prema tome vegetaciju na zadruge šireg i užega značenja. Evo o tome pregleda:

Fizionomijski oblik	Vegetacijski tip	Formacija u širem smislu	Geografsko rasprostranjenje
Drveće	Šuma	Tropska kišna šuma Tropska monsunska šuma	Trope Staroga i Novog Svijeta
		Bjelogorična listopadna šuma Crnogorična šuma	Umjereni pojas Evrope Azije i Amerike
		Zimzelena sklerofilna šuma	Mediteran, Kap, Kalifornija
Grmlje	Šikara	Makija (Macchia) Scrub Šibljak	Sredozemne more Australija Balkanski poluotak
Grmovite trajne zeleni		Kamenjare (Garigues. Tomillares, Phrygana)	Sredozemno more
		Vriština (Heide)	Evropa i Azija
Niske zeleni (trave)	Travnjaci	Livade	Evropa i Azija
		Cretovi ili tresave	Evropa, Azija i Sjeverna Amerika
		Stepe (Pustopoljine)	Rusija
		Prerije	Južna Amerika
		Pampas	Sjeverna Amerika
		Savane	Afrika
Lišaji i mahovi		Tundra	Arktički krajevi

Ovaj pregled o biljnim zadrugama, njihovu obliku i rasprostranjenju daje nam ujedno i približnu sliku o sveukupnoj vegetaciji, a i o osnovnim biologijskim načelima biljnoga rasprostranjenja. Biljna ekologija danas je osnovka biljnoj geografiji, te

se pače ekologijska biljna geografija razvila kao nauka do posebne samostalnosti. Warming su joj i Schimper postavili osnovke nakon toga, što je Alphonse de Candolle kao preteča im postavio biljnogeografijski sustav, po kojem su osnovni životni faktori rasprostranjenja biljnoga svijeta na zemlji: toplina i vlaga; Schimper dodaje još i treći faktor: tlo, govoreći: „toplina daje floru, klimatska vlaga vegetaciju, a tlo razvrstava građu, koju daju klimatski faktori". Konačno možemo još i ovo istaknuti: Razlikujemo zatvorene i otvorene formacije, Zatvorene su farmacije one, u kojima su biljke tako gusto porasle jedna uz drugu, da posve prekrivaju tlo; otvorene formacije ne pokrivaju tla posve. Takove otvorene farmacije čine hasmofiti kao stanovnici pećina i klisura, biljke kamenjara i pijesaka; tu već jedva možemo govoriti o pravim biljnim zadrugama, pošto pojedine biljke žive više manje nezavisno jedna o drugoj, te ih vežu samo jednake životne prilike staništa.

Evo i pregleda životnih prilika i njihova odnosa prema biljnim zadrugama i općenoj vegetaciji po De Candolle-ovu sustavu:

Vegetacijski pojasi po De Candolleu	Životni uvjeti	Životni oblici	Biljne zadruge
Hydromegathermae	Visoka temperatura (sr. god. topl. 20° C). Velika vlaga.	Hidrofiti tropske šume, lijane i epifiti	Tropska kišna šuma
Megathermae	Visoke temperature, periodična vlaga	Higrofiti i tropofiti s manje lijana i epifita	Tropska monsunska šuma.
Xeromegathermae	Visoke temperature i periodična suša.	Listopadno pojedinačno drveće, kserofilne trave i sukulente.	Savane.
Mesothermae	Sred. god. temp. 15 do 20°, manja god. vlaga sa suhim periodom.	Zimzeleno sklerofilno drveće i grmlje.	Sklerofilne šume, makije, scrub.
Mikrothermae	Sred. god. temp. niža od 14° C., česta promjena vlage.	Bjelogorica i crnogorica (Tropofiti).	Listopadne i zimzelene šume, pustopoljine, vrištine, prerije, livade.
Hekistothermae	Niske temperature.	Arktični i oreofitski kserofiti.	Tundre.

28. Simbioza u biljnom svijetu.

Simbiozu smo već upoznali, u lišajima. Lišaj je dvostruko biće, sastavljeno od alge i gljive, koje žive u tijesnoj zadruzi i to tako tijesno, da jedna bez druge uopće ne može živjeti; stoga je vrlo teško odrediti pojam simbioze. Imat ćemo prilike, da upoznamo i takovih tijesnih biljnih zadruga, gdje jedan individuum može i bez drugoga živjeti. De Bary, koji je taj pojam još od god. 1876. prvi postavio, naziva simbiozom svaku životnu zajednicu heterogenih organizama; da je ova definicija preširoka, proizlazi odatle, što bismo po njoj i parasitizam mogli označiti simbiozom. Kasnije su istraživači upozorili na to, da u simbiozi žive dva organizma u zajednici, od koje svaki od njih ima svoju korist kao što je to navodno kod lišaja. Takovo je danas općeno shvaćanje simbioze, premda se s tim ne možemo posve složiti. Ima naime mnogo zadruga, u kojima je vrlo teško naći kakovu uzajamnu korist; u drugu pak ruku poznajemo raznih odnosa u biljnom svijetu, gdje organizmi imaju koristi od odnosa, kao što je odnošaj kukaca prema cvijeću, koji će malo tko nazvati simbiozom. Simbioza može biti isto tako i tijesna zajednica organizama, kod koje organizmi provode samo prijateljski život te jedan drugoga ne oštećuje, ali jedan drugome i ne koriste. Pojam simbioze treba dakle načiniti užim, pak je znatno naglasiti, da organizmi žive u staničnoj ili celularnoj vezi. Simbioza je prema tome celularna i sinharmonijska životna zajednica heterogenih organizama.[1]

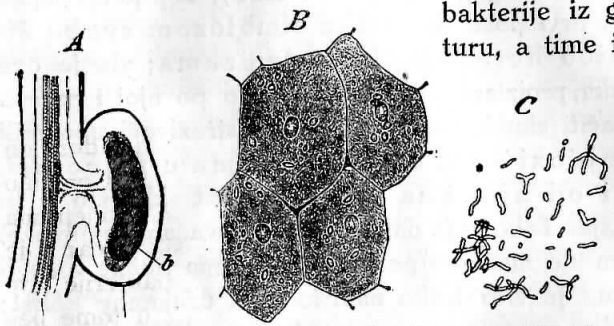
U biljnom svijetu poznajemo više takovih simbioza, u kojima se bakteriji, gljive ili alge udružuju s nižim i višim biljkama, a i sa životinjama, u zavisnu zajednicu. Prema tome razlikujemo: 1. simbioze bakterija, 2. simbioze gljiva i 3. simbioze alaga.

1. Simbioze bakterijâ.

Još u 17. vijeku bijaše poznato, da lepirnjače *(Leguminosae)* na svojem korijenju imaju kvržicâ i gomoljićâ, a držali su ih isprva za bolest korijena; tek kasnije upoznaše u njima normalne tvorevine,

[1] Vouk V., Das Problem der pflanzlichen Symbiosen. Biologen-Kalender 1914.

koje se stalno pojavljuju na korijenju leguminoza. Ruski botanik Voronin prvi je upoznao, da se u tim gomoljićima nalaze mikroskopski maleni organizmi. Još dugo poslije toga otkrića vladala je o tom pitanju neka nejasnost, a poglavito o odnosu tih mikroorganizama, za koje je dokazano da su bakterije, prema biljci. Istom su fundamentalna istraživanja Hellriegela i Willfahrta cijeli taj skup pitanja razjasnila njima je uspjelo prenijeti bakterije iz gomoljića u kulturu, a time i dokazati, da se one nalaze u simbiotičkom odnošaju prema biljci. Veliki broj istraživača (Frank, Beijerinck, Mazé, Hiltner, Nobbe, Prazmowsky i dr.) stali su konačno rješavati i taj simbiotički odnos. A to im je i uspjelo.



Slika 167. Prerez kroz gomoljić na korijenu od vučike (A), stanice iz istoga gomoljića pune bakterija (B), bakterije napose uvećane (C).

Bakterije, koje su uzrok osim gomoljastim tvorevinama na korijenju leguminoza, živu inače u tlu; ovdje napanu sitne korijeniće, prodru im u staničje i u staničevinu, te se počnu naglo množiti. U isto se doba i stanice inficiranoga dijela korijena stanu naglo umnožavati stvarajući onu gomoljastu nabreklinu na korijenu, koja služi bakterijama za stanovanje. Bakterijama, koje su inače nepravilna štapićasta oblika, budu u ovim gomoljićima oblici osobito odebljali, a i razgranjeni; nazivamo ih „involutivnim oblicima" ili „bakteroidima" (Slika 167. C); bakteroidi zapravo su samo dobro ugojene bakterije. Beijerinck je tu bakteriju nazvao *Bacterium radicicola,* a uvjerivši se, da svaka leguminoza ima svoju rasu bakterija, razlikovao je suvrste var. *Fabae,* var. *Viciae hirsutae,* var. *Pisi* i t. d. Hiltner i Schmidt upoznali su između tih rasa u glavnom dvije vrste: *Rhizobium radicicola* i *Rhizobium Beijerincki.*

Rekli smo, da bakterije isprva poput nametnika napadaju korijenje, no kasnije se udome u korijenu, te se čini, da i biljci

nimalo ne škode, nego pače to društvo bakterija i njoj prija; bez sumnje dakle postoji osobiti fiziologijski odnos između biljke i bakterija. Spomenuti već Hellriegel i Willfahrt dokazaše, da leguminoze mogu dobro uspijevati i na tlu, koje je vrlo oskudno dušikom, dok primjerice žitarice na takovu tlu vrlo slabo uspijevaju; po svojoj prilici dakle postoji nekakav odnos između dušika i bakterija. Pokusi to kasnije i potvrdiše: Beijerinck je gojio bakterije gomoljića na umjetan način bez ikakva vezana dušika. To je bio direktan dokaz, da te bakterije mogu asimilirati atmosferski dušik upravo kao i *Azotobacter* i *Clostridium Pasteurianum,* a time se problem te simbioze riješio: bakterija prima dušik iz zraka, a ugljik kao ugljohidrat (slador) od biljke, živeći tako kao „bubreg u loju", te stoga i onoliko udeblja; biljka pak nemajući dušika rastvara svojim fermentima one udebljale bakterije, crpeći od njih potrebni dušik. Frank je stoga leguminoze nazvao i „biljkama, koje žderu bakterije", te ih pače u tu svrhu goje i pitaju; a Frank nema u tome baš ni posve krivo. Leguminoze mogu doduše živjeti i bez tih bakterija, ako u tlu ima dosta dušikovih spojeva. Uza sve to možemo socijalni odnošaj bakterija prema biljci držati pravom uzajamnom (mutualnom) simbiozom, jer svaki zadrugar ili biont ima pri tom svoju korist, a jedan drugoga ne oštećuje, jer oni bakteroidi i onako nijesu više sposobni za život. Kad biljka ugine, ostane korijenje s gomoljićima i bakteroidima u tlu, koje se tako obogaćuje dušikom. To nam objašnjuje i onu današnju praksu u ratarstvu, da se na nekom tlu izmjenice sadi djetelina ili bilo koja sočivica, jer se time s obzirom na dušik tlo popravlja.

Posve analogni slučaj simbioze poznat je i za neke broćike *(Rubiaceae)* i neke tropske mirsinije *(Myrsinaceae).* Razlika je glavno samo u tome, da bakterije ne žive u korijenju ovoga bilja, nego na lišću, gdje stvaraju osobite kvržice. Zimmermann je prvi opisao ovu simbiozu za jednu tropsku broćiku roda *Pavetta.* Lišće ove biljke ima na plojci osobite kvržice, građene od spužvasta staničja, koje je ispunjeno bakterijama. Slične kvržice nalaze se i na rubnim zupcima lišća ardizije *(Ardisia)* (Slika 168,): i ove imaju na sebi bakterija. Prof. Miehe točno je izučavao postanak tih kvržica i utvrdio znatnu činjenicu, da bakterija

ima i u sjemenci među zametkom i endospermom, u plodnici i u polenu. Kad sjemenka proklija, dođu bakterije u pup i tu se zadržavaju u smolastoj tekućini, koju ti pupovi izlučuju. Kad se iz pupa stane razvijati list, dospiju i bakterije kroz pući u listano staničje, gdje napadnu najbliže stanice. Ove se sad počnu naglo množiti i napokon stvore one kvržice. Oblikom naliče te bakterije posve bakterijama u gomoljićima leguminoza. Bakterija ardizije zove se *Bacterium filliicola*, a bakterija broćika *Mycobacterium Rubiacearum*. Zanimljivo je joj i to, da su te bakterije i svojim fiziologijskim odnosima posve analogne bakterijama leguminozâ. I bakterije broćika asimiliraju atmosferski dušik, kako su to opsežni pokusi Faberovi pokazali. Isto je tako uspjelo s teškom mukom očistiti sjemenku od bakterija; biljka, koja je nikla iz čiste sjemenke, uspijevala je vrlo slabo, a upravo nikako na tlu, u kojem nije bilo dušika. Po tima pokusima postoji dakle potpuna analogija sa simbiozom leguminoza; razlika je samo u tome, što kod leguminoza dolazi bakterija izvana te inficira korijenje, a ovdje se nalazi bakterija u još tjesnijoj zajednici, u „nasljednoj simbiozi".

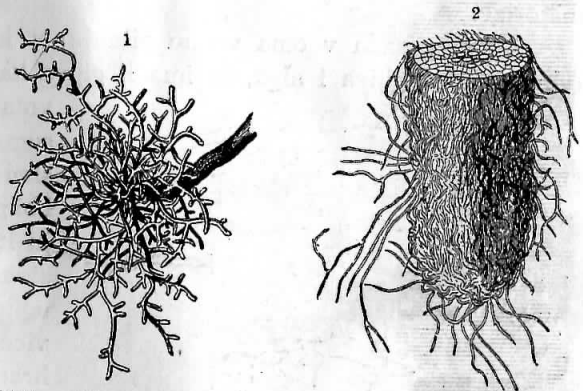
Slika 168. *Ardisia crenulata* u plodu. Original.

Slični, ali i mnogo veći gomoljići stvaraju se na korijenju nekojega drveća, n. pr. kod johe (*Alnus*-vrste), kod vrstâ *Eleagnus* i *Hippophaës*. Novija istraživanja, a poglavito češkoga fiziologa Peklo-a pokazala su, da su tim kvrgama i gomoljima uzrok nitaste bakterije roda *Actinomyces;* po tome se i taj pojav zove „aktinomikoza". Čini se, da je i ta simbioza u fiziologijskom pogledu posve analogna leguminozama i ostalim bakterijskim simbiozama.

2. Simbioza gljiva.

Već je više od sto godina poznato, da se na vršcima korijenja nekojega zeljasta i drvenasta bilja redovno nalaze miceliji gljivica, koji obavijaju vanjsku površinu korjenića ili ulaze i u staničje korijena. Taj se pojav zove mikoriza (mykorrhiza). Većina našega šumskog drveća — bukva, hrast, breza, smreka, jela, bor i dr. — ima svoju mikorizu, koja obavija vrhove korjenića izvana. To je zapravo ektotrofna mikoriza, jer se micelij nalazi vani, dok se primjerice kod orhideja, erikaceja, timelaceja, empetraceja i uopće kod mnogih stanovnica humusa i cretova nalazi micelij u samom korijenu, a to označujemo endotrofnom mikorizom. (Slika 169.).

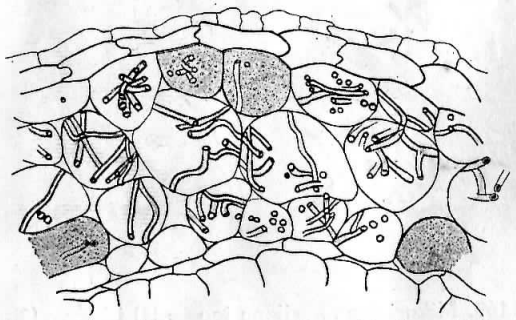
Ako motrimo sitni korjenić bukve ili kojega drugog našeg šumskog drveta pod mikroskopom (Sl. 169.), to ćemo vidjeti, gdje je omotan u gusto pletivo tankih hifa, a prerez kroz korijen pokazuje i to, da te hife od česti dopiru i u epidermne slojeve korijena. Na takovu korijenju i nema korijenovih dlačica, jer su njihovo mjesto zauzele gljivice; budući da te gljivice ni najmanje ne škode razvitku biljke, to ih i ne možemo držati parasitima, nego simbiontima, a to potvrđuje i praktično iskustvo. Poznato je naime, da bukvu i hrast, a i mnogo drugo drveće, ne možemo razmnažati sađenicama kao vrbe, bršljan ili ruže, naime tako, da odrežemo mladicu i naprosto je zataknemo u zemlju ili u pijesak; sađenice bukve i hrasta mogu se eventualno primiti samo u humoznom tlu šumske zemlje. Uzrok su tome gljivice, jer ovih u pijesku nema, a to drvo može uspješno primati hranu samo uz pomoć mikorize. Isto je tako i svakomu vrtlaru dobro poznato, da azaleje i erike ne uspijevaju dobro



Slika 169. Mikoriza na korijenu topole (1) i bukve (2). Po Kerneru.

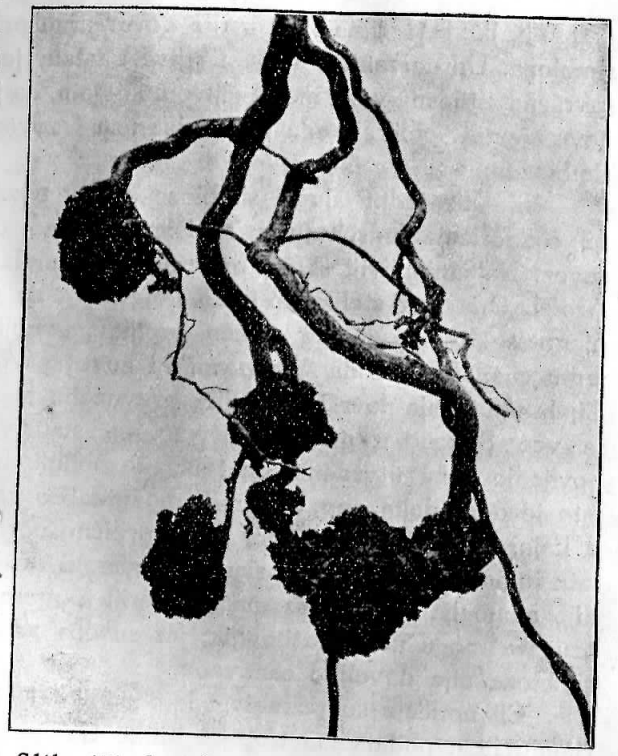
u običnoj vrtnoj zemlji, nego za njih treba humozne cretovke; i tome je razlog samo mikoriza, t. j. gljivica, koja uspijeva samo u humoznu tlu. Isto to vrijedi i za orhideje, za koje vrtljari znadu da se uzgajaju u mahovini. Mikoriza orhidejâ vrlo je dobro proučena: Francuz Bernard i Nijemac Burgeff u isto su vrijeme pokazali, da sjemenke orhidejâ mogu proklijati istom onda, ako su inficirane micelijem gljive, s kojom žive u simbiozi; obojici je pače uspjelo umjetno gojiti te orhidejske gljivice. Dokazano je pače i to, da svaka orhideja ima svoju gljivicu, te ako se n. pr. sjemenka jedne vrste *(Phalenopsis)* inficira gljivicom druge vrste *(Catleya)*, to sjemenka ne proklija, nego pače i ugine. Isto će tako jamačno biti i kod ektotrofne mikorize.

Nastaje sada veoma važno pitanje: u kakovu uzajamnom odnosu stoje gljiva i alga, te ima li gljiva kakovu korist od života s biljkom? Nema sumnje, da je taj odnos simbiotički, te da gljiva i biljka imaju svaka svoju korist: zelena biljka stvara veliku množinu ugljohidrata, pa se gljivice po svoj prilici ovima hrane. Teže je odgonetnuti pitanje, ima li zelena biljka kakvu korist od gljivice; o tome se pače mnijenja znatno razilaze. Jedni na pr. tvrde, da gljivice potpuno preuzimaju ulogu korijenovih dlačica, te da je njihova glavna zadaća, da upijaju vodu s otopljenim solima, pa kako je to Frank primijetio, gljivice služe kao dojka zelenoj biljci. Tubeuf drži pače i to, da gljivice mogu rastvarati huminske tvari i tako pripravljati hranu za biljku. Biolog Stahl pak drži najznantnijim upijanje vode, jer da gljivice mogu iz humoznoga, „fiziologijski suhoga" tla upijati vodu lakše, nego zelena biljka; k tome se u svakome humoznom tlu nalazi cijela flora gljiva, koje se bore za hranu, a u toj borbi lakše pobijedi mikoriza nego zelena biljka. Ovo Stahlovo tumačenje ne možemo primijeniti na



Slika 170. Mikoriza u korijenu *Daphne altaica*. U stanicama vide se hife (Škorić).

endotrofnu mikorizu, kod koje ne može niti govora biti o kakovoj funkciji upijanja vode; tu je vjerojatnije, da se zelena biljka hrani hifama isto tako kao i leguminoze bakterijama; biljka na taj način dobiva dušikovu hranu. Čini se pače, da mikoriza može preuzeti na sebe cijelu opskrbu biljke, te ova konačno izgubi i zelenu boju, napustivši asimilaciju, n. pr. pravi saprofiti koraljuša *(Corallorhiza inata, Neottia nidus avis)* i nadbradac *(Epipogum aphyllum)*. Na posljetku možemo mikorizu tumačiti analogno kao i simbioze bakterija; ima pače i činjenica za to, da i mikoriza-gljive mogu asimilirati atmosferski dušik: tako je Hiltner dokazao, da konifera *Podocarpus* može uspijevati na tlu, u kojem nema dušika, a čini se, da je to i kod johe (Slika 171.). No i ako ne može biti govora o tome, da sve mikoriza-gljive primaju atmosferski dušik, to je zadaćom mikoriza-gljiva po svojoj prilici općeno asimilacija dušikovih spojeva. Potpuno ipak taj problem nije riješen.



Slika 171. Gomoljići na korijenju johe. Bakterije čine mikorizu. Neger.

Pojav je mikorize kod šumskoga bilja, a osobito kod šumskog drveća, vrlo rasprostranjem, te možemo reći, da cijele šume žive u simbiozi s gljivnim micelijima šumskoga tla. Zelene

su biljke tako rekavši uzgojile posebnu svoju zadružnu četu gljivnih radnika, koji im pribavljaju hranu iz tla, a ove im, milo za drago, daju škroba. Svakako je dakle mikoriza neka vrsta uzajamne simbioze.

3. Simbioze alaga.

Lišaji, o kojima već prije govorismo, pripadaju ovoj rpi simbioza. Udruživanjem alaga i gljiva nastala je u lišajima tako savršena i tijesna veza među gljivom i algom, da je postao potpun nov životni oblik. Stoga ovu zajednicu i zovemo formativnom simbiozom.

Nije to jedini slučaj simbioze alaga; poznato je pače, da se cijanoficeje udružuju i s višim biljkama, čineći simbiotički savez. Najzanimljiviji slučaj prikazuje nam mala i nježna paprat *Azolla*. Ona ima steljkasto tijelo, koje pliva na površini vode. U njenu se tijelu nalaze oveće šupljine, u kojima redovno živi jedna cijanoficeja roda *Anabaena*, a i zove se *Anabaena Azollae*. Cijela unutarnja površina šupljine prevučena je dlakama, za koje je već Strasburger naslućivao da su u vezi s algom, a u novije je doba utvrđeno, da te dlake obiluju bjelančevinama. U isto je doba dokazano, da *Azolla* može dobro uspijevati i u vodi, u kojoj nema dušikovih soli, pa je prilično opravdana a i vjerojatna misao, da anabena prima atmosferski dušik. Ovdje doduše nije analogija sa simbiozama bakterija potpuna, jer tu oba zadrugara mogu asimilirati ugljik, jer su oba zeleni; stoga nam ta simbioza nije dovoljno osnovana.

Cijanoficeje su poznate i kao simbionti višega bilja. U korijenju ili u podancima tropske biljke *Gunnera*, iz porodice *Halorrhagidaceae*, ima velikih gnijezda jedne takove alge *(Nostoc Gunnerae)*, a isto ih tako nalazimo i u korijenju cikadeja *(Anabaena Cycas)*. Ove, po svoj prilici analogne simbioze, nijesu još točnije istražene.

Mnogo češće žive jednostanične alge u simbiozi s raznim životinjama, n. pr. s praživima, polipima, spužvama i crvima; alge su zelene i žućkaste boje, te ih zovu zoohlorele ili zooksantele. Kao najobičniji primjer takove simbioze spominjem zelenu hidru *(Hydra viridis)*, koja je u slatkoj vodi vrlo običan polip; u potkožnom sloju ove hidre živi jedna zelena

alga *(Zoochlorella conductrix)*, koja prati hidru za cijeloga njena razvoja, te se pojavljuje čak i u samom jajetu.[1] Drugi vrlo obični primjer takove simbioze slatkovodna je zelena spužva *(Spongilla lacustris)*. Takovih simbioza poznajemo veliki broj; za nas nije tako važno, da ih napose upoznamo, koliko nas više zanima njihov simbiotički snošaj. Prije svega je potpuno jasno, da alge kao autotrofni organizmi preuzimaju prehranjivanje ugljikovim spojevima, a neki (Graff, Hadži) drže pače, da životinjama prija i kisik, koji alge asimilacijom izlučuju. Mnogo je teže rastumačiti zadaću i ulogu hidre u ovoj simbiozi, te ima li alga kakove koristi od te zajednice? Alga je u tijelu životinje izgubila svoju slobodu razvitka, ali zato se čini da joj u „ropstvu" ne ide zlo. Tu nam preostaje samo jedno tumačenje. Hidra se naime hrani raznim sitnim bilinama i životinjama, prima dakle gotovu organsku hranu, a od te hrane po svoj prilici i alga dobiva svoj dio, i to onaj, kojega nema, a to su bjelančevine, t. j. spojevi dušika.

I baš u ovom posljednjem momentu stoji po mojem mnijenju fiziologijsko značenje biljnih simbioza uopće, naime, da jedan zadrugar dobavlja ugljičnu hranu, a drugi dušičnu.[2] O tome nas uvjeravaju simbioze bakterija, simbioza azole i lišaji. Zelene su stanice tvornice ugljohidrata, a nezeleni se organizmi osobito odlikuju primanjem dušikovih spojeva. A to je heterogene organizme jamačno i dovelo do udruživanja u simbiotske zajednice.

29. Životinje kao uzgajateljice gljiva.

Upoznali smo, da je u simbiozi teško odrediti međusobni odnošaj. Ima botanikâ, koji simbioze shvaćaju kao helotizam, t. j. kao zajednicu, u kojoj je jedan organizam gospodar, a drugi opet sluga ili rob. Takovo se mišljenje primijenilo na lišaje, a moglo bi se primijeniti i na mikorizu i bakterijske simbioze: zelene su biljke gospodarice, a gljive i bakterije su robovi, koji služe te gospodarice. I zaista ima zajednicâ, u kojima je takav

[1] Hadži J., Vorversuche zur Biologie der Hydra. Archiv für Entwicklungsmechanik. Bd. XXII. 1906.

[2] Vouk V., Das Problem der pflanzlichen Symbiosen. Biologen-Kalender 1914.

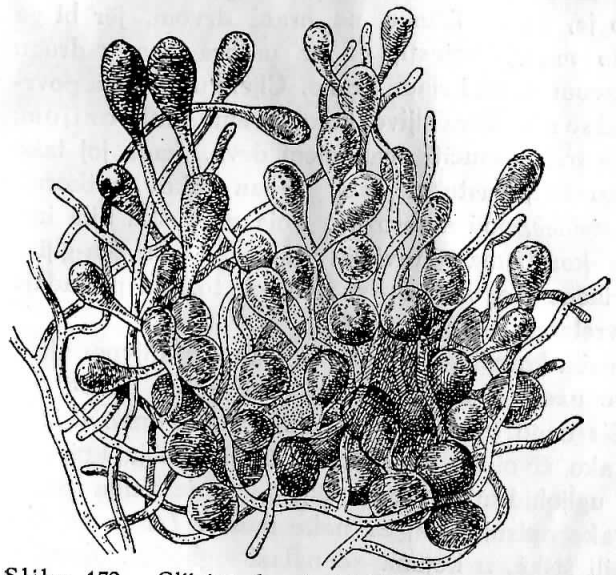
snošaj gospodara i sluge potpuno izražen. Takove zajednice postoje između životinja, a napose kukaca i bilja; u prvom redu mravi, kao najinteligentniji kukci, umjeli su kao stočari naći lisne ušence za krave muzare, a kao ratari znadu uzgajati neke gljivice kao svoje povrće. Osim mravi ima još srodnih termita, pa nekih potkoraša, koji se također bave uzgajanjem gljiva. Gljive su u tom socijalnom snošaju prave robinje, koje služe svome gospodaru dajući mu hranu.

Kao mravi ratari poznati su u prvom redu opasni „listorezni" mravi, o kojima poznati putopisac i prirodoslovac iz Nikarague Belt piše ovo: „Svi prirodopisci i putopisci tropskih krajeva Amerike opisuju opustošenja listoreznih mravi, njihovo motanje na dobro izgrađenim putovima i njihovu ustrajnost u pustošenju drveća, koje oglođu do gola ne ostavljajući drugo do golih lisnih rebara". U nekim predjelima Nikarague i Brazilije ovi su mravi najveći neprijatelji kulturnoga bilja, jer koje drvo oni napanu, to ne ostane čitavo. Krivo je mišljenje, da mravi to lišće grizu za hranu, jer je dobro poznato, da odgrizene dijelove mravi nose u svoje mravinjake. Schimper, koji je proučavao ovaj pojav u Braziliji, opisuje to ovako: „Zelena se povorka povlači šumskom stazom — to su prilično veliki izresci lišća, koje nose mravi, držeći ih okomito nad glavom. Često prate pače tu zelenu povorku nošača neopterećeni vojnici kao straža". Stariji prirodoslovci mišljahu, da mravi nose tu građu za izgradnju svojih gnijezda. Tek su Belt a kasnije još bolje Alfred Möller rastumačili taj pojav.

Möller je u Braziliji proučavao mrava *Acromyrmex discigera.* Taj listorezni mrav odvuče ogriženo lišće u svoj mravinjak i ondje ga izgrize u još sitnije česti, od kojih načini pravu kašu, koja prekriva unutarnje šupljine mravinjaka i služi kao „gljivno polje". To dobro ugnojeno polje posve je isprepleteno micelijem jedne gljive. Ovaj micelij raste i na površini i tu onda stvara osobite kijačaste nabrekline od jedva pô milimetra. Möller je motrio, kako mravi te nabrekline odgrizaju i kako se za njih osobito brinu. Nazvao ih je „gljivnom korabom". (Slika 172.). To je dakle mravlje povrće; ove korabe imaju u sebi mnogo bjelančevina, koje su hrana tih mrava, pa nestane li nje, snađe i mrave glad, od koje može i cijeli mravinjak poginuti. Mravlji

radnici rade neprestano u tom gljivnom polju, odgrizaju sve druge gljivice kao korov, a nestane li „koraba", odgrizaju vrhove hifa izraslih u zrak, te iz ovih onda nanovo izrastu korabe. *Atta*-vrste, goje istu vrstu gljivnoga micelija, koji rijetko kada doraste do plodišta, a po ovome se raspoznala lističarka *Rozites gongylophora.*

Kao uzgajatelji gljiva poznati su još i dlakavi mravi roda *Apterostigma.* Oni na svoja gljivna polja nose ne samo poodgrizano lišće, nego i pilovinu, gnoj i kojekakve gnjile tvari. I mravi rogaši roda *Cymphomyrmex* poznati su kao uzgajatelji gljiva. A ima i u Evropi mrava, koji se po svojoj prilici bave uzgojem gljiva: u gnijezdu crnoga mrava *Lasius foliginosus* našlo se gljivnih hifa, za koje se drži da izlučuju kapljice, koje mravi liže; no pobliže nije taj snošaj istražen.



Slika 172. „Gljivine korabe" (gljivice) iz mravinjskih vrtova (Po Franceu).

Kako su termiti srodni mravima u svim običajima, tako su i u kulturi gljiva. I termiti znadu u svojim velikim gnijezdima pripravljati cijele vrtove za gljive od dobro prožvakana drva, od kojega grade osobite tvorevine na oblik spužve, a velike su kao čovječja glava. Na površini tih tvorevina izbijaju gljivice poput mravljih koraba, koje služe termitima za hranu; poznato je pače, da u bilju termitnih gnijezda obično ima vrlo mnogo gljiva. I termitne gljive pripadaju lističarkama, od kojih su poznati rodovi *Rozites, Pholiota, Flammula.* Većina termita *(Termes mataleuris, vulgaris, inertus, goliath, mycophagus, bellicosus* i dr.) bave se uzgajanjem gljiva.

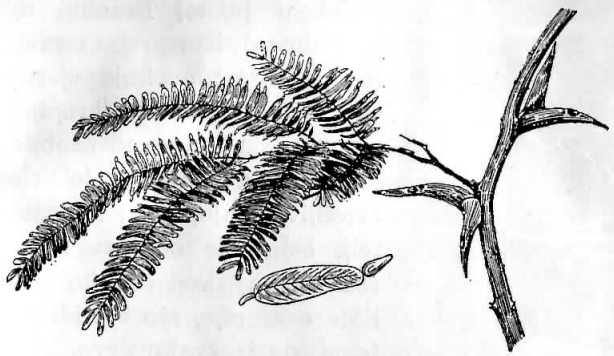
Osim mrava i termita poznati su kao uzgajatelji gljiva neki koraši, koji žive u drvu. To su poglavito rodovi *Xyloborus* i *Xyloterus*. Od ovih je *Xyloborus lineatus* rasprostranjen po svoj srednjoj Evropi, a živi u smrekovu drvu, u kojem buši razgranjene rupe i hodnike za odgoj svoga podmlatka. Kad se ličinka izvali iz jajeta, to izbuši samo toliko drva, da se može slobodno kretati. Dokazano je, da se ličinka ne hrani drvom, jer bi ga zaista morala vrlo mnogo pojesti, da se prehrani, a u drugu ruku ima u tom svom stanu i slađe hrane. Cijela unutarnja površina hodnika obloži se micelijem gljive, koju zovemo ambrozijom; tako se ličinka ne treba mučiti žvakanjem drva, kada joj tako tečna hrana, rekao bih, raste u usta. Jedan takov potkoraš, *Hylocoetus dermostoides*, goji ambroziju, koja na vršku hifâ ima nabrekline slične korabama mravinjih gljiva. Ambrozija-gljive danas su još prilično nepoznate; znamo tek to, da pripadaju raznim gljivnim vrstama.

„Ako ambrozija-koraši, koji žive u slabo hranivom drvu znadu neke gljive uzeti u svoju službu, i to zato, da se domognu hrane bolje nego što je drvo, to je svakako duhovit izlaz iz neprilike. No ako životinje, koje žive u čestima bilja, koji obiluju plazmom i ugljohidratima, goje gljive, to je onda prava sladokusnost". Tako opisuje Neger neke mušice *(Asphondylia)*, koje prave gale ili šiške, u kojima se nalazi i gljivicâ. Zovu ih ambrozija-šiške ili mikocecidije, poznate n. pr. kao cvijetne šiške na kapru *(Capparis spinosa)* i divizmi *(Verbascum)* i kao šiške na pupovima gluhovijeti *(Coronilla emerus)* i brnjestre *(Sarothamnus scoparius)*. Cijela unutarnja površina šiške, u kojoj živi ličinka, prekrivena je bijelim micelijem od jajolikih stanica. Neger drži, da je više nego sigurno, da se ličinka te mušice hrani gljivama, premda on to nije izravno motrio. Da gljivice u šiškama nije samo slučajan gost, nego pravi simbiont, dokazali su pokusi kulturom gljivice iz raznih predjela. Neger je primjerice utvrdio, da gljivica, koja raste u šiškama gluhovijeti, pripada vrsti *Macrophoma Coronillae*, i to u svim šiškama, koja je našao u Bozenu, Trstu, na Lošinju i u Dubrovniku; *Macrophoma* dakle prati svoju stanodavku svuda, pa prenošenje gljivice obavlja na bilo kakav način po svoj prilici *Asphondylia*. Evo i tu primjera uzajamne simbioze: *Asphondylia* dobiva od gljivice hranu za ličinke, a za uzvrat prenosi i rasprostranjuje gljivicu pripravljajući joj u šiškama tlo najzgodnije razvitku njenu.

30. Socijalni odnošaji mravi i višega bilja.

(Mirmekofilija).

Mirmekofilijom zovemo osobiti odnošaj mravi prema višemu bilju, gdje više biljke daju mravima stan ili hranu, a i oboje. Prvi je takove mirmekofilne biljke opisao Belt, i to neke tropske vrste bagrema *(Acacia cornigera* i *A. sphaerocephala)*, (Slika 173).

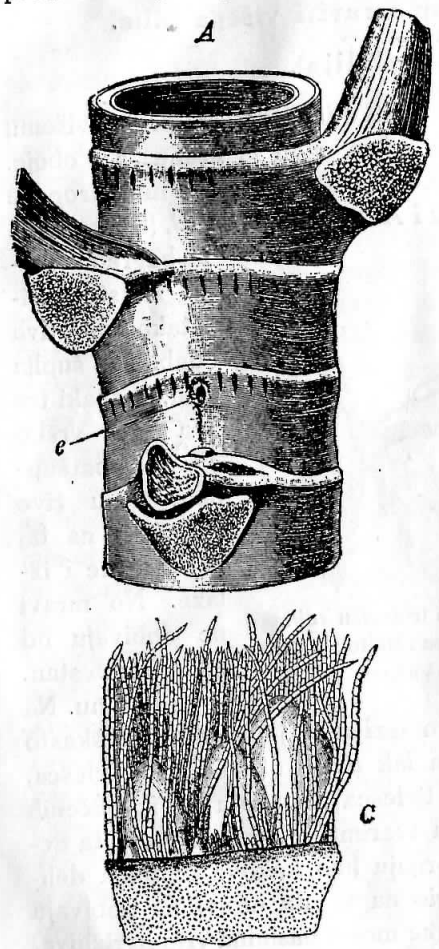


Slika 173. *Acacia sphaerocephala* sa trnjem, u kojima stanuju mravi. Na strani jedan listić sa „Beltovim tjelešcem" na vrhu. Po Velenovskom.

Te bagreme imaju mjesto prilistaka po dva odebljala šuplja trna, a svaki trn ima na vršku otvor. U tom šupljem trnju žive mravi, te na taj otvor ulaze i izlaze. No mravi ne dobivaju od biljke samo stan, nego i hranu. Na okrajku perasto-sastavljena lišća nalazi se po jedno malo kruškasto tjelešce žućkaste boje, koje i na lak dodir otpane. Ta tjelešca, po otkrivaču nazvana „Beltova tjelešca", nastaju od izobličenih žlijezda, napunjenih bjelančastim tvarima. Mravi pobiraju ta tjelešca i čini se, da im osobito prijaju kao kakova najfinija delikatesa. No već je Belt upozorio na to, da mravi ne dobivaju te pogodnosti badava. Ti su naime mravi pasmina vrlo ugrižljiva, koja napada sve nezvane goste na biljci, pače i svoje suplemenike, opasne listorezne mrave; time su i korisni biljci, jer je čuvaju od raznih neprijatelja: u zahvalu za stan i hranu vrše službu stražara.

I u Braziliji ima jedna mirmekofilna biljka, koja pripada porodici dudova *(Moraceae)*, a zovu je imbauba *(Cecropia adenopus* — pao de imbauba). *Cecropia* je drvo vitko i tanko

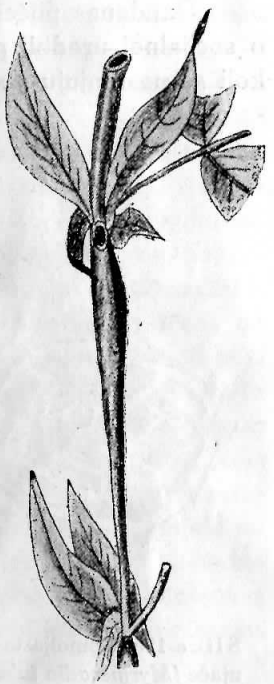
sa slabo razvitom krošnjom. Donosimo ovdje opis njezin od prof. Schimpera, koji joj je život i odnošaj prema mravima točno proučavao. „Na granama i peteljkama cekropije redovno se vidi gdje po nekoliko mrava amo tamo trčkara. Stresemo li drvo malo jače, eto ti cijele vojske mravi iz mnogih malih otvora stabljike; ta je vojska spremna, da bijesno udari na narušitelje mira. U mjestu Sv. Katarini u južnoj Braziliji to je redovno ista vrsta mravi, *Azteca instabilis*, koja vjerojatno jedina nastava cekropiju. Ta je vrsta jedna od osobito bojovnih, a ugriz joj je vrlo osjetljiv. Najopasniji neprijatelji cekropije neki su listorezni mravi, koji osobito vole lišće cekropije, što se vidi po tome, da je svako drvo, koje nije imalo svojih mravi, bilo upravo do gola izgriženo, dok je drveće, na kojem su stanovali Azteca-mravi, ostalo netaknuto." Mravi su dakle obranili drvo od neprijatelja, a za uslugu dobivaju od drveta i stan i hranu. Drvo cekropije je šuplje poput trske, tek pri svakom koljencu nalaze se poprečne stijene, koje rastavljaju drvo u odjeljke; oni služe za stanove mravima. Ulaz u te stanove nalazi se upravo nad mjestom, gdje sjedi list. Tu se naime nalazi jarak, koji se završuje malom udubinom (Slika 174 *e*). Ona je na mladu drvu tanka, mravi je vrlo lako pregrizu i tako načine otvor za svoj stan



Slika 174. Dio stabljike od imbaubadrva *(Cecropia adenopus)*: *e*, otvor kroz koji ulaze mravi. Dolje Müllerova tjelešca. (Po Schimperu.)

u šupljini. U toj šupljini nastanjeni mravi bave se gojenjem lisnih ušenaca *(Aphidae)*, no uz to obilaze i po krošnji tražeći hranu, koju im cekropija daje kao naplatu za njihov stražarski trud. Pri dnu peteljaka na donjoj strani nalazi se baršunastodlakavi jastučić, a u njem ima mnogo malenih bjelkastih tjelešaca, tek 2 mm dugih, a vide se kao kakova jajašca (Slika 174 *c*). Ta t. zv. „Müllerova tjelešca" posve su ista, što i Beltova tjelešca, pa se i ona stastoje od bjelančastih žlijezda. Mravi ih pobiru marljivo, a čim jedne poberu, nastaju nova. Stvaranje tih žlijezdastih tjelešaca po svoj je prilici u odnosu prema mravima, te ih možemo i smatrati osobitom prilagodbom na zajednički život s mravima.

Slične mirmekofilne prilagodbe otkrio je Beccari na indomalajskom grmu *Clerodendron fistulosum*. Članci stabljike ovoga tropskog grma nabrekli su i šuplji te imaju na gornjem dijelu malu izbočinu, a u njoj je otvor za mrave. Mjesto Beltovih i Müllerovih tjelešaca tu su uzduž glavne žile lista žlijezde, koje izlučuju nektar ili slatki sok. Slične šuplje stabljike, u kojima stanuju mravi, ima i *Ficus inaequalis*, *Humboldtia laurifolia* (Slika 175.), *Triplaris americana*, pa *Duroia hirsuta*, *Tococa laurifolia*, *Cordia nodosa* i dr. Suvišno bi bilo ovdje nabrajati veliki broj mirmekofilnih biljaka. Zanimljivo je samo utvrditi činjenicu, da se ovakove mirmekofilne biljke nalaze gotovo samo u tropskim krajevima. Razlog tome je taj, što mravi u tropama bježe na drveće radi opasnosti, koja im u tropskim vlažnim šumama prijeti od poplava, te su im gnijezda sigurnija na drveću.

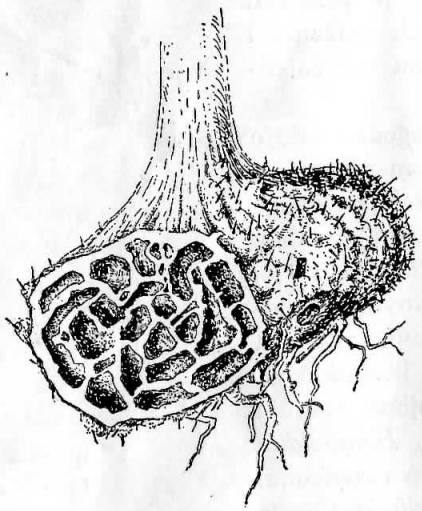


Slika 175. *Humboldtia laurifolia* s odebljalom stabljikom, koja služi za stan mravima. (Po Schimperu.)

Mravinje biljke osobita tipa neke su epifitske broćike *(Rubiaceae)* na indomalajskom otočju; od njih spominjem *Myrmecodia* i *Hydnophytum*; obje imaju gomoljastu stabljiku, građenu od mnogo klijetaka, u kojima stanuju mravi (Slika 176.).

Schimper pripovijeda, da u času, kada se tko dotakne toga gomolja, prekrije površinu mnoštvo mravi, koji izmile iz nutrine kroz mnogo malenih otvora, tražeći neprijatelja, koji se usudio napasti dom njihov. Baš kao i kod cekropije. No po današnjem mišljenju tu nije mirmekofilni odnos kao kod cekropije; mravi su samo slučajni gosti, koji su se bez ikakva obzira na biljku naselili u onim šupljinama.

Dandanas počeše mnogi uopće sumnjati o mirmekofiliji kao o socijalnoj uredbi, pozivajući se na osobitu inteligenciju mravi, koji se nastanjuju u svakoj šupljini, koju nađu pa im može služiti zaklonom, a jedu upravo sve, što im dođe do usta. Istraživač Ihering možda nema krivo, veleći: „Cekropija treba mrave isto toliko, koliko i pas buhe"; cekropije uspijevaju isto tako sa stražarskom četom kao i bez nje, a Müllerova tjelešca samo su sladokusni zalogaj, koji nedostaje za prehranu mravi. Sve je to potreslo osnovima Schimperove mirmekofilne hipoteze, koju još donekle spašava obrana od listoreznih mravi. No nije ovdje mjesto, da raspravljamo o valjanosti te hipoteze, nego htjedosmo samo upozoriti na to, kako se u promatranju socijalnih odnosa lako mogu razviti razna shvaćanja.



Slika 176. Gomoljasta stabljika mravinjače *(Myrmecodia tuberosa)* u prerezu. (Po Schimperu.)

Mirmekofiliju poznajemo i u umjerenim predjelima, ali u posve drugom obliku, koji doduše nalazimo i u tropskim i suptropskim krajevima, a to su oni nektariji, o kojima smo prigodice već govorili. Na raznim biljnim organima nalaze se naime osobite žlijezde, koje izlučuju slador; za razliku od žlijezda u cvijetu, o kojima ćemo kasnije također govoriti, zovemo ih ekstrafloralnim nektarijima. Divlja grahorica *(Vicia sepium)* ima

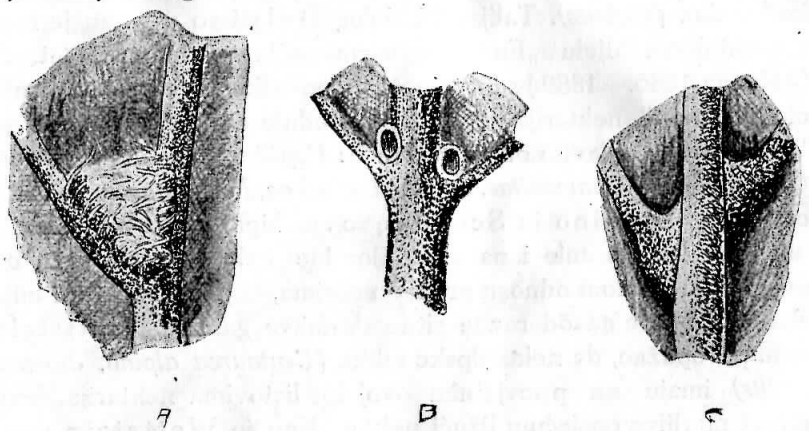
takove nektarije na donjoj strani palistića. Ovaj se nektarij sastoji od cijela reda gusto zbijenih žljezdastih dlaka, između kojih proviruju dlakaste niti. Pajasen *(Ailanthus glandulosa)* ima na donjem okrajku lista po dva ili četiri zupca, a na svakom se zupcu nalazi nektarij kao nabreklina (Vidi sliku 82.) Taj je nektarij građen poglavito od žljezdana staničja, koje se sastoji od produženih tankostjenih stanica; u njima nastaje nektar ili slador. Kod *Passiflora*-vrsta nalaze se nektariji na donjoj strani lista, na trešnji *(Prunus avium)* pri dnu peteljke, a isto tako i kod ricina *(Ricinus)*. Talijanski biolog Delpino u svom je fundamentalnom djelu „Funzione mirmecofila nel regno vegetale" (Bologna 1886.—1889.) sabrao opširne podatke o rasprostranjenju ekstrafloralnih nektarija kod bilja. U srednjo-evropskoj flori imaju tih nektarija poglavito biljne porodice: *Papilionaceae, Amygdaleae, Caprifoliaceae, Compositae, Scrophulariaceae, Polygonaceae, Salicaceae* i dr. Delpino je Schimperovu hipotezu o mirmekofilnim odnosima prenio i na ekstrafloralne nektarije tumačeći, da ovi stoje u sličnom odnosu prema mravima, koji dobivaju od bilja slador, a brane ga od razne sitne škodljive gamadi. Wettstein je n. pr. opažao, da neke alpske biljke *(Centaurea alpina, Jurinea mollis)* imaju na pricvjetnim ovojnim listovima nektarija, koje mravi marljivo posjećuju ližući nektar. Kad je Wettstein mravima zapriječio dolazak do nektarija, te su biljke više trpjele od nagriza raznih kukaca nego one biljke, na koje su mravi slobodno dolazile. Uza sve te pokuse u novije se doba množe činjenice, koje osporavaju vrijednost mirmekofilne hipoteze, jer mravi naprosto dolaze svakamo, gdje nanjuše sladora,

Bilo kako mu drago, stoji svakako činjenica, da između mravi i bilja postoji nekakav socijalni odnos, koji je sad širi sad uži. U tim zadrugama svakako preuzimaju aktivnu ulogu inteligentni mravi, a biljke su pri tom svakako pasivne.

31. Domacije i cecidije kao socijalne uredbe.

Slični odnos mravi prema biljci postoji i za grinje *(Acarinae)* prema bilju. I grinje dobivaju na lišću biljke stan kao i mnogi mravi, zaklanjaju se u uglove među rebrima lista, među dlake i u razne izbočine. Te ustanove grinja nazivamo domacijama *(Acarodomatiae)* (Slika 177.). To su ili uglovi rebara

obloženi dlakama, kao kod lipe, ili rubovi lišća, koji su zafrkani kao nabori, n. pr. kod hrasta lužnjaka, ili su pak jamice bez ikakovih dlaka, kao kod kavovca *(Coffea arabica)*, ili kesice kod eugenije *(Eugenia australis)*. Lundström, koji se osobito bavio istraživanjima ovih domacija, drži, da su sve te razne tvorevine nastale upravo djelovanjem grinja, te su u neku ruku slične tvorevinama poznatima s imenom cecidije. Cecidije su abnormalne tvorevine na raznim biljnim organima, koje nastaju djelovanjem organizama, te i ovima služe kao i domacije za stan.

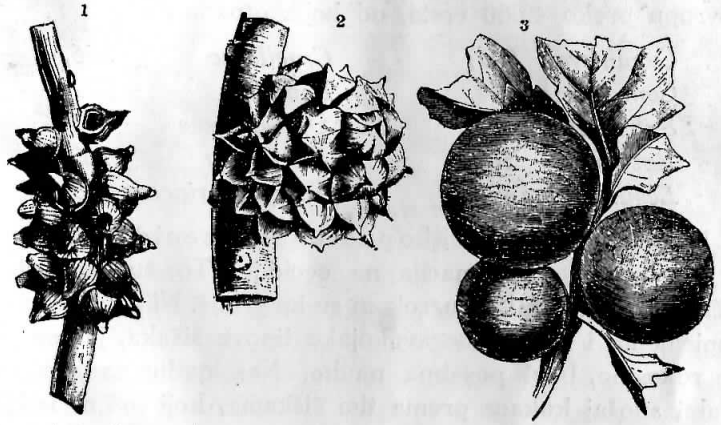


Slika 177. Akarodomacije na lišću. A *Tilia europaea*, B *Coprosma Baueriana*, C *Elaeocarpus*. Po Lundströmu.

Po poznatim cecidijama na hrastovu lišću zovemo i sve ostale cecidije „šiške" ili „babuške". Razlika između domacija i cecidija upravo je u tome, što cecidije nastaju tek djelovanjem (ugrizom ili ubodom) parasita, a domacije su normalne tvorevine biljke. Domacija ima na prilično mnogo mjesta u biljnom carstvu, a poznamo ih kod ovih biljnih porodica: *Compositae, Rubiaceae, Caprifoliaceae, Bignoniaceae, Asclepiadaceae, Apocynaceae, Loganiaceae, Sapotaceae, Oleaceae, Myrtaceae, Ribesiaceae, Rhamnaceae, Aquifoliaceae, Aceraceae, Ulmaceae, Cupuliferae, Platanaceae, Anacardiaceae, Bixaceae, Magnoliaceae, Lauraceae, Juglandaceae.*

Kao najobičniji tip domacija donosim ovdje opis domacija kod lipe od Lundströma: „Kod naše obične lipe (Slika 177 A), a i kod mnogih drugih vrsta, ima u uglovima rebara na donjoj strani lista čupovâ dlačicâ, i to na jednom listu njih 20—30.

Pomnjivijim pretraživanjem možemo vrlo lako odrediti, da te dlake ne ispunjuju ugao posve, nego među njima ostaje trobridan prostor, kojemu kao strop služi donja strana lista, tlo mu tvore dlake, a stijene rebra. Ovaj prostor — nazvan domacija — ima na vrhu mali otvor. Kada se pupovi raspupaju i mlado lišće naraste nešto 2 centimetra, ostave grinje domacijâ *(Tydeus foliorum* i *Gamasus reppallidus)* svoje zimske stanove, te se nastane u malim i još jedva dlakavim kućicama. Svaka grinja snese jaja po svoj prilici u više domacija. Ove rastu, dlake bivaju sve veće negoli u onim domacijama, u kojima nije bilo jaja. Mlade grinje sjede isprva sasvim stisnute u najkrajnjem uglu svoje kućice i žive valjda od izlučina unutarnje površine, jer se nije



Slika 178. Šiške i babuške; *1* na kori, *2* na pupu, *3* na grančici hrasta. (Po Kerneru).

moglo naći baš nikakvih ozleda staničja. Dobivši grinje svih osam noga, počnu se micati, pa osobito noću i za sjene izlaze napolje trčkarajući s velikom brzinom amo tamo po listu, uzduž rebara, te gdjegdje stanu, da pojedu, ako im što dođe pod usta. Za počinak i presvlačenje vrate se opet u domacije, gdje ostavljaju i svoje ekskremente. Kad jeseni počne lišće padati, previnu se one dlake u domacijama unatrag, a grinje ostave svoja skrovišta, da u pupovima i plodovima prezime. Na suhom i otpalom lišću domacije su ponajviše prazne.

I u pravim cecidijama (gallae) ili šiškama nije život mnogo drugačiji, jer cecidija služi poglavito za stan ličinci. I cecidije mogu

nastati djelovanjem grinja *(Eriophydae, Phytoptidae)*, ali ponajviše su im uzrok kukci *(Neuroptera, Orthoptera, Aphidae, Diptera, Hymenoptera* i dr.). To su sve tako zvane zoocecidije (Slika 178.), jer cecidije mogu nastati u istu svrhu djelovanjem gljiva, a tada se zovu mikocecidije. Prema tome su i oni gomoljići leguminozâ mikocecidije. Izučavanjem tih abnormalnih tvorevina bavi se danas posebna nauka, cecidiologija, koja je bila poznata već osnivaču anatomije Malpighiju.

Kod nižega bilja naći ćeš vrlo malo šišaka; među ostalima je obična i kod nas poznata šiška na zelenoj algi vošeriji *(Vaucheria)*, kojoj je uzrok virnjak ili rotator *Notommata Werneckii.*[1] Kod višega bilja poznat je upravo veliki broj šišaka, Houard nabraja za Evropu preko 4.000 vrsta, od kojih otpada na

Cupuliferae	*901,*	*Cruciferae*	*356,*
Compositae	*664,*	*Labiatae*	*219,*
Salicaceae	*473,*	*Umbelliferae*	*181,*
Rosaceae	*500,*	*Rubiaceae*	*162,*
Leguminosae	*491,*	*Scrophulariaceae*	*139.*

Najjednostavnije su šiške pustenaste cecidije *(Erineum)*, koje čine prelaz od domacija na cecidije. To su jednostavne izbočine na epidermi, a uzrokom su im grinje. Nije ovdje mjesto, da opisujemo i nabrajamo svakojake tipove šišaka, jer se time, kako rekosmo, bavi posebna nauka. Nas ovdje zanima samo socijalni snošaj kukaca prema tim šiškama, koji još ni izdaleka nije dovoljno poznat i rastumačen. Posve nejasan je fiziološki dio ovog pitanja; naime, kako da na podražaj kukca, grinje ili bilo kojega organizma nastaje na biljci upravo specifični oblik šiške. Svi eksperimentalni pokušaji, da se šiške stvore na umjetan način, ostali su bez uspjeha, te se dokazalo, da prosti ubod u staničje biljke nedostaje za stvaranje šišaka. Vjerojatno je dakle, da životinje izlučuju neku tvar, koja je uzrok ovoj specifičnoj tvorevini. Problem cecidija još je danas jedan od najzanimljivijih fiziologijskih problema.

Sa biologijskoga gledišta šiške su svakako socijalna uredba, koja je i u interesu životinje, koja joj je uzrokom, a i biljke, jer

[1] Pevalek Ivo: O biologiji i o rasprostranjenju alga u Sjevernoj Hrvatskoj. Prirodoslovna istraživanja Jugoslav. akad. Sv. 8.

se na taj način biljka brani od štetnoga djelovanja životinjskoga. Biolog može dakle, ako hoće, u tom odnosu naći i nešto uzajamne simbioze.

Najvažnija literatura o cecidijama.

Houard, Les zoocécides des plantes d'Europe et du bassin de la Méditerrané. Paris 1909.

Küster E. Die Gallen der Pflanzen, Leipzig 1911.

Ross, Die Pflanzengallen (Cecidien) Mittel- und Nordeuropas, ihre Erreger, Biologie und Bestimmungstabelen. Jena 1911.

32. Kako se biljka brani od napadaja životinja.

Socijalno-obrambene prilagodbe.

Biljka, koju smo upoznali kao socijalno biće, u svom je društvu izvržena i svim opasnostima toga društva, u kojem „borba za opstanak" često ne poznaje onih altruističkih motiva, kakove smo upoznali u simbiotičkim zadrugama. Svi heterotrofni organizmi, koji ne mogu sami stvarati organsku hranu — saprofiti, nametnici, sve životinje, a konačno i prvak među bićima, sam čovjek — žive na trošak autotrofne biljke. Biljke izvržene tolikomu broju neprijatelja, razviše raznolike „antagonističke (obrambene) uredbe", koje služe zaštitom od neprijatelja, a napose od napadaja životinjâ. No ovdje zajedno s biologom Negerom naglasujemo: „Ni na jednom se području ekologije nije fantazija tako bujno rascvala kao u pitanju zaštitnih uredaba bilja protiv neprijateljskih organizama, i stoga je s tim potrebnije, da kod ispitivanja direktnih opažanja u tom predmetu postupamo s najvećom opreznošću."

Najjače sredstvo u obrani od napadaja heterotrofnih organizama nije u obrani pojedinoga individua, nego u obrani vrste i roda. To sredstvo stvaranje je rasplodnih stanica u silnoj množini, a to pojačava još i vegetativni rasplod. Veliki broj rasplodnih stanica i pojedinih individua propada postavši žrtvom ili plijenom životinja, no još ih uvijek ima toliko, da se rod i pleme ne zatre. To je pače i općeno sredstvo svih organizama, pa što se organizam nalazi na višem stupnju razvitka, to stvara manje rasplodnih stanica.

Specijalna obrambena sredstva bilja mogu biti ili kemijska ili mehanička.

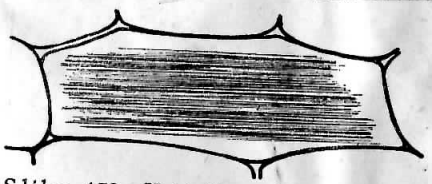
Od mehaničkih sredstava u prirodi udara najjače u oči bilje s trnjem i bodljikama, a oboje mogu imati samo tu svrhu, da budu obrambeno oružje protiv životinja. Svatko pozna u našoj flori te bodljikavce, koji nam zakrčuju putove po šumi: žutiku *(Berberis vulgaris)*, trnjulu *(Prunus spinosa)*, glog *(Crataegus)* pasju ružu *(Rosa canina)*, kupina *(Rubus fruticosus)*, dikicu *(Xanthium spinosum)*, božikovinu *(Ilex Aquifolium)* i t. d. Često se pače upravo nameće našemu pogledu, da trnja ima na mladim i nježnim organim, koji trebaju zaštite; tako se na pr. na šljivama i kruškama trnje nalazi ponajviše na mladicama; i zeleno lišće trava, šaševa i sitina često ima bodljikavo lišće, koje je vrlo dobra obrana od pašne marve. Zanimljivo opisuje Kerner tankovu jednu travu — *Festuca alpestris* — u južnim Alpama: „Ova je trava najomraženija biljka onoga kraja, i pastiri je svagdje, gdje je nađu, pale i uništuju, jer se marva, koja pase, ovom travom gubice izrani i izbode, te se s krvavim gubicama vraća sa paše. Pače i sama marva uništuje ovu travu. Kad goveče ugleda ovu travu na paši, zagrize odozdo u busen, izbaci ga iz zemlje i ostavi, da se osuši i ugine". U toplim suhim tropskim krajevima ima često vrlo mnogo takova bilja, koje često cijelomu kraju podaje osobitu fizionomiju, n. pr. kakteje na mehičkoj visokoj ravni. Kakteje su od najveće česti snabdjevene gustim i bodljikavim oklopima, u koji životinje jedva mogu zagristi, pa se i pripovijeda, da magarci, koji i nijesu tako glupi, kakvim ih ljudi drže, najprije kopitima razbiju kaktus, da tako dođu do sočne srčike i da njome ugase žeđu svoju.

Vidjevši evo, da trnje i bodljike na bilju služe za obrambeno oružje, može nas fiziolog bez ikakve sumnje o tome uvjeriti, da je stvaranju trnja poglavito uzrok suhoća zraka, jer u vlažnoj atmosferi nema trnja. U drugu ruku ima pak i takovih primjera, koji nas pobuđuju na sumnju o biologijskom značanju trnja kao obrambena sredstva. Tako je Patagonija vrlo obilna trnovitim biljnim tipovima, premda nema četveronožaca, protiv kojih bi to trnje bilo upereno. Stoga i kaže Neger: „Tko bi u trnju htio vidjeti primarnu prilagodbu kao zaštitu od životinja, taj bi se čudom pitao, protiv koga je mnogobrojno trnovito grmlje Patagonije upravilo svoje strahovito oružje." Stoga današnji biolozi i drže, da trnje i bodljike služe samo kao „prigodna prilagodba",

koja istom u drugom redu služi za zaštitu i obranu od napadaja životinja.

Zanimljivo je mehaničko obrambeno sredstvo, kojim se mnoge biljke služe u obrani od puževa. Stahl je naime otkrio, da puževi neke biljke neće ni da taknu, pa je našao, da te biljke imaju u staničju osobite igličaste kristalne nakupine, koje zovemo „rafidima". To su sitne mikroskopski malene iglice od kalcijeva oksalata, složene u malene svežnjiće, a uklopljene u neku sluz (Slika 179.). Po svoj prilici te oštre iglice ne prijaju puževima; Stahl ih je pače otopio vrlo razrijeđenom solnom kiselinom, a puževi su nakon toga bez brige jeli lišće.

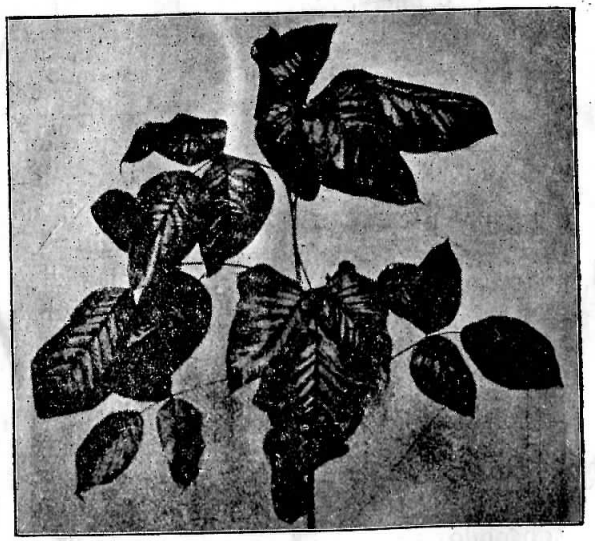
Od kemijskih obrambenih sredstava spominjemo na prvome mjestu one biljke, koje žare i peku.[1] Tko ne pozna djelovanje naše koprive? Kopriva ima na lišću i stabljici oštre i bodljikaste dlake-žeravke, koje su na vršku tek malo zavinute. Čim se toga vrška dotaknemo, prebije se, a u ranu se izlije otrov kao iz pčelina žalca. Isprva su držali, da je taj otrov mravinja kiselina, no danas se misli, da je to nekakav osobiti otrov, kojega kemizam sada nije još poznat. Opeklina naše obične koprive *(Urtica dioica* i *U. urens)* upravo je neznatna prema djelovanju tropskih kopriva, kao što su *Urtica urentissima* i *Laportea*-vrste. Opekline tih kopriva upravo su strašne. Malajci, koji te koprive već izdaleka dobro poznaju, čuvaju ih se, jer znadu, da se od njenih opeklina udovi ukoče, a dogodilo se već i to, da je nesretnik u užasnim bolovima i umro. I među biljkama-krasnicama ima ih, koje čine opekline, n. pr. poznati jaglaci — *Primula obconica* i *Primula sinensis* —, koje često vidimo u trgovinama cvijeća. Lišće tih jaglaca može na čovječjoj koži učiniti kožni osip, koji neugodno svrbi, a često je spojen i sa znatnijim oteklinama i groznicama. Prof. Nestler u Pragu, koji je izučavao otrovno djelovanje toga jaglaca, priopćuje zanimljivo pismo svojega druga, koji mu piše: „. . . . trpio sam od upravo nepodnosiva svrbeža kože na licu i rukama, te nijesam



Slika 179. Kristali u obliku rafida u stanici (Kny).

[1] Vouk V., O bilju, koje žari i peče. Priroda 1914.

mogao ni spavati; sate sam i sate boravio noću izvan postelje hladeći ruke u vodi i tarući ih tako, da mi je sva koža ranjava. Ni jedan liječnik nije mi znao pomoći i svi su mi naložili samo mir, govoreći, da je to samo posljedica nervoznosti. Išao sam od liječnika do liječnika, pače i k specijalistima; davali su mi sapune, prepisivali razne masti, arsenik i drugo — ali sve uzalud. Konačno sam slučajno čitao o djelovanju otrovnih jaglaca, bacio sam ih odmah iz sobe napolje i moja je bolest napokon prestala". Zanimljivo je i to, da svi ljudi nijesu jednako osjetljivi na otrov toga jaglaca. I sâm sam lišćem od vrste *Pr. obconica* natr'o ruku, te osjetih samo slab svrbež, koji je ostao na tome mjestu, i jedva se osip mogao opaziti; no poznam nekoga radnika u botaničkom vrtu, koji se toga lišća ne smije ni dotaknuti, jer i na slabi dodir dobije jak osip na koži. Otrov se jaglaca nalazi u glavičastim dlakama, kojih ima mnogo na lišću i stabljici. To je smolasta tvar, koja se topi u žesti, te je stoga žesta sigurno sredstvo protiv opeklina jaglaca. Kineski jaglac *(Pr. sinensis)* manje je otrovan, a još manje drugi neki jaglaci, kao *Primula mollis, Arendsii, Corthusa Mathioli.*



Slika 180. Grančica od otrovne rujevine *(Rhus toxicodendrom).*

U rpu bilja, koje žare i peku, vrstamo i otrovnu rujevinu *(Rhus toxicodendron)* (Slika 180.), koja raste u sjeveroistočnim dijelovima Azije i u sjevernoj Americi. Dodir s lišćem te biljke uzrokuje opasan kožni osip po cijelom tijelu, uz koji se pojavljuju i teške groznice, te boljetica od toga znade potrajati i

VII. Rasplod i razmnažanje bilja.

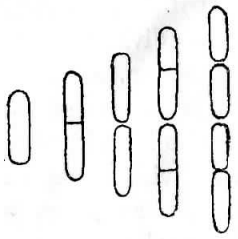
Posljednja faza u životu biljke jest rasplod. Život svake biljke udešen je ne samo za održanje pojedinoga individua, nego i za održanje svoga roda i plemena. Svaki organizam, a tako i biljka, kada doraste do individualne veličine, razvija životnu snagu u nastojanju održanja svoje vrste. To rastenje preko individualne mjere zovemo rasplodom; jedan dio života individua sačuva se u rasplodnim organima, te kada život individua prestane, razvije se od onoga sačuvanog dijela nov individuum. Upoznali smo, kako se svaka stanica razmnaža, kako se dijeli, te od jedne nastaju dvije, a ove se opet dijele. To neprestano dijeljenje u svijetu organizama dovelo je do pomisli na besmrtnost života. Jednostanični organizmi razmnažaju se neprestano dijeljenjem, pa doista i ne možemo konstatirati, je li prvi individuum uopće uginuo. Kod višestaničnih organizama nastaju druge prilike, jer je u stanicama nastala dioba životnih funkcija, te jedne služe životu individua, a druge, t. zv. rasplodne stanice, služe životu ili održanju vrste.

U nauci o razmnažanju organizama razlikujemo obično spolni rasplod i nespolni. Ako novi organizam nastaje samo od rasplodne stanice svojega roditelja, zovemo to nespolnim rasplodom; ako li u drugom slučaju novi organizam nastaje spajanjem dviju rasplodnih stanica, onda govorimo o spolnom rasplodu. Ako pak novi organizam ne nastaje od rasplodnih stanica, nego od pojedinih dijelova vegetativnoga tijela, tada govorimo o vegetativnom rasplodu. Sve te načine rasploda nalazimo već kod najnižega bilja, kod alaga i gljiva.

33. O rasplodu alaga i gljiva.

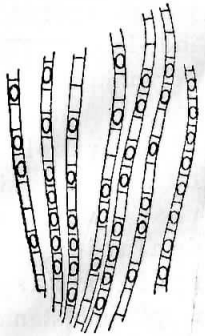
Kao najjednostavniji slučaj razmnažanja promatrajmo najjednostavnije građene biljke — bakterije. Štapićaste bakterije razmnažaju se tako, da rastu najprije u dužinu, a narastavši do neke

veličine, raspolove se na dva dijela, od kojih se opet svaki napose jednako dijeli (Slika 182.). To je najjednostavniji način vegetativnoga rasploda. No bakterije se mogu tako jednostavno dijeliti samo dotle, dok je i vegetativni život njihov moguć; nastupe li prilike nepogodne životu bakterija, od kojih stanu individui ginuti, stvara bakterija posebne rasplodne stanice, t. zv. truske ili spore (Slika 183.); one mogu preživjeti i prilike nepogodne vegetativnomu životu. Te su spore zapravo plazmatski dijelovi stanice, koji se u matičnoj stanici obaviju vrlo jakom i otpornom kožicom; vegetativne stanice bakterija *Bacillus subtilis* podnesu n. pr. temperaturu od jedva 80 °C, a njegove spore mogu podnijeti i do 130°C. To stvaranje spora, koje možemo smatrati nespolnim rasplodnim stanicama, znači samo prekid aktivnoga života bakterijâ i prelaz u latentni život. Drugi vrlo znatni biologijski momenat, koji dovodi do stvaranja spora, jest rasprostranjenje vrste u prostoru: kada takova spora u latentnom životu dođe opet u normalne životne prilike, uskrsne iz nje novi vegetativni život.



Slika 182. Dijeljenje bakterija, prikazano shematički.

Slične rasplodne prilike nalazimo i kod modrikastih alaga cijanoficeja *(Cyanophyceae* ili *Schizophyceae)*, koje zovemo i alge cijepalice, i to upravo poradi vegetacijskog cijepanja na način bakterija. I cijanoficeje stvaraju trajne spore ili sporociste, koje mogu uzdržati život u suhu stanju upravo kao i bakterije.

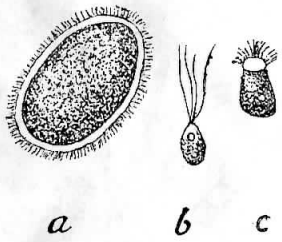


Sl. 183. *Bacillus subtilis* kad stvara spore. (Miehe).

I kod viših alaga *(Chlorophyceae)* nalazimo vegetativni rasplod u tome, da se pojedini dijelovi alge odijele od matere i dalje razvijaju normalnim vegetativnim životom. Mnogo češće razvijen je nespolni rasplod sa sporama. Spore, koje imaju jednu, dvije ili više trepavica ili cilija, zovemo gibljive spore ili zoospore (Slika 184.). Za primjer navodim vošeriju *(Vaucheria)*, u našim barama i potocima vrlo običnu nitastu algu iz porodice alaga cjevašica *(Siphonales)*. Ona često na zaobljenom vrhu cijevi odeblja i nabubri,

a na tom nabubrenome mjestu nakupi se veća množina staničevine, tako, da vršak cijevi upravo potamni. Napokon se cijeli vršak odijeli od ostaloga dijela cijevi stijenom, a ova se na vanjskoj strani konačno raspukne, pa cijela staničevina ispuzi napolje. Čim je plazma izašla slobodno u vodu, počne se naglo gibati, zadobivši jajasto-valjkast oblik. Unger je prvo opažao taj zanimljivi pojav pod mikroskopom, pa oduševljen napisa raspravu s natpisom „Biljka u času, kada postaje životinjom".[1]

Život te zoospore „bludilice" opisuje Kerner ovako: „Najprije se uzdiže bludilica na površinu prema svijetlu, spusti se opet brzo na dno, a često se na polovici puta vrati, udarivši dalje razitim smjerom i uzmičući pri tom oprezno svim predmetima, koji joj smetaju. Giba se malim trepavičavim cilijama, koje se nalaze na cijeloj površini bludilice, te se neprestano i brzo giblju. Tim trepavicama, koje svojim titranjem u vodi stvaraju male virove, giblje se bludilica prilično brzo napred. Pri tom se pomicanju giblje oko svoje osi čineći spiralu. Brzina je toga gibanja prilično jednomjerna; u jednoj sekundi prevali put od 1·76 centimetara, dakle u 1 minuti po prilici 1 metar. Dva sata nakon što je bludilica došla na svijet, postaje gibanje laganije i stanke mirovanja budu sve češće i duže, te napokon bludilica dočeka trajan mir; spusti se negdje u sjeni na dno, gibanje oko svoje osi prestane, trepavice se uvuku u tijelo, a eliptičko i inače na jednom kraju svijetlije tijelo pretvori se u jednoliku tamno-zelenu kuglju." Ta se spora konačno obavije jačom stijenom, a može već za 24 sata iznova proklijati u vegetativnu nitastu algu. Nastane li u jednoj stanici više takovih zoospora, onda takovu stanicu zovemo sporangijem. Takove sporangije stvara primjerice *Cladophora*, jedna od običnih zelenih alaga u našim potocima. Vegetativna stanica te kladofore nabrekne i potamni, a svaka se jezgra napokon obavije stijenom. Vanjska membrana takova zoosporangija na jednome mjestu pukne, a sve se zoospore razbježe po vodi. Lutajući neko

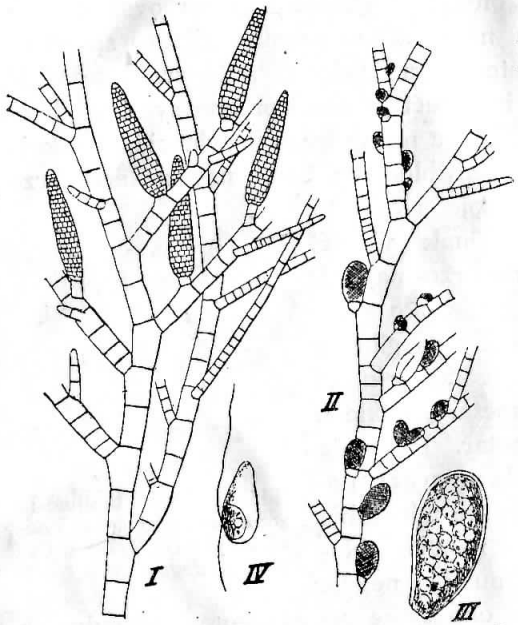


a b c

Slika 184. Bludilice ili zoospore od alaga: a) *Vaucheria;* b) *Ulothrix;* c) *Oedogonium.*

[1] Unger: „Die Pflanze im Momente des Tierwerdung".

vrijeme kao bludilice sa dvije i četiri cilije, konačno sjednu bilo na kakovu podlogu i pričvrste se te od njih nastaju novi individui. I kod smeđih alaga *(Phaeophyceae)*, koje su gotovo sasvim stanovnice morske, stvaraju se takovi sporangiji sa bludilicama, i to kao pobočni ogranci glavnih niti (n. pr. *Ectocarpus;* Slika 185.). I u crvenih alaga *(Rhodophyceae)* nalaze se ovakovi sporangiji, i to sa četiri spore, radi čega ih zovemo tetrasporangijima, a spore tetrasporama (Slika 186.).

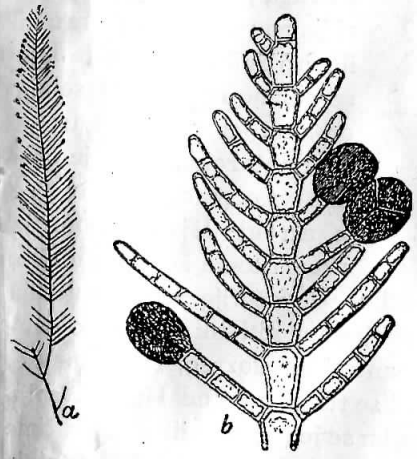


Sl. 185. Smeđa alga *Ectocarpus penicillatus*. I. i II. vegetativni ogranci sa sporangijima; III. sporangij uvećan; IV. zoospora uvećana. (Nathanson).

Te spore nemaju cilija, pa se stoga i ne mogu gibati, nego otpanu od materina tijela, te ih voda nosi sve dok ne padnu na dno ili na bilo kakovu drugu podlogu.

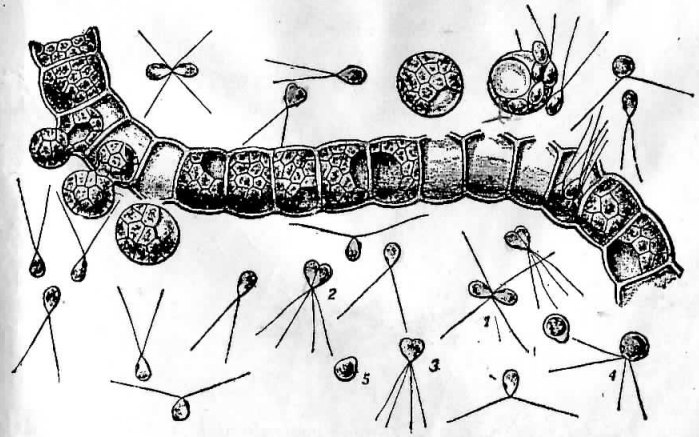
U vrlo obične alge vlasulje *(Ulothrix zonata)*, koja raste i žive u malim potočićima, nalazimo slično stvaranje spora s cilijama. Vlasulja je nitasta zelena alga, a sastoji se od kratkih i ponešto nabreklih stanica. Pojedine te stanice znadu se razdijeliti na više plazmatskih dijelova, koji se isprva zajedno drže i zajedno izađu van kroz pobočni otvor na membrani. Istom u vodi ovo se klupko raspane na pojedine sitne spore, t. zv. gamete (Slika 187.), od kojih svaka ima po dvije cilije, kojima se giblje. Sada se događa nešta osobito ako se takove dvije gamete iz iste stanice sastanu, odbiju se jedna od druge upravo kao dva jednaka pola, a sastanu li se slučajno gamete iz raznih stanica, to se jedna uz drugu prilubi i napokon obje stupe u jedno. Taj pojav spajanja gameta zovemo oplodnjom, koja je u ovom slučaju najjednostavniji

način spolnoga rasploda. Plod te oplodnje zovemo zigotom. Ta se zigota obavije jačom kožicom, sjedne bilo na kakovoj podlozi i isklija opet u novu nit. Svrha je toga spajanja gametâ, da se svojstva individua miješaju i kombiniraju, a to bitno pridonosi učvršćenju i ojačanju vrste.



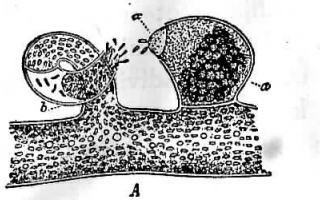
Slika 186. Crvena alga *Callithamnion elegans; a* ogranak s tetrasporama, *b* isto uvećano. (Möbius.)

Gamete vlasulje posve su jednake; a tako je isto i u mnogih drugih alaga, pa i u obične morske smeđe alge *Ectocarpus:* i ova alga ima jednake gamete, ali i među njima postoji jamačno nekakova razlika, jer jedne brzo sjednu na kakovu podlogu, a druge oko njih oblijeću, a konačno i kopuliraju. U drugih alaga gamete se potpuno razlikuju; primjeri su nam tome zelena alga vošerija *(Vaucheria)* (Slika 188.) ili vrlo obična smeđa alga „fukus" *(Fucus virsoides)*, koja je i u našem primorju na kamenju, i to upravo na morskom rubu, vrlo obična.

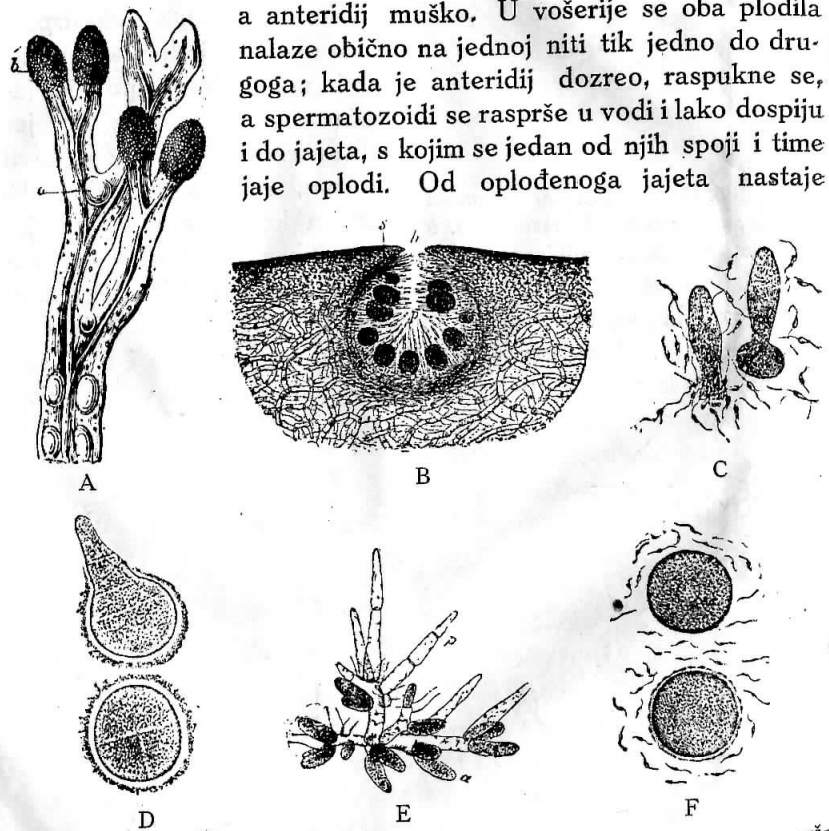


Slika 187. *Ulothrix zonata:* jedna nit onda, kada gamete izlaze, te se spajaju. (Nathanson).

Obje ove alge imaju dvije vrste gameta: jedna je veća, okrugla i negibljiva — zovemo je ženskom gametom ili jajem —, a druga je malena i giblje se cilijama: muška gameta ili spermatozoid. Jaje se obično nalazi u posebnu organu, u oogoniju; a spermatozoidi, kojih je obično vrlo mnogo, nalaze se u anteridiju; oogonij je prema tome žensko plodilo, a anteridij muško. U vošerije se oba plodila nalaze obično na jednoj niti tik jedno do drugoga; kada je anteridij dozreo, raspukne se, a spermatozoidi se raspršе u vodi i lako dospiju i do jajeta, s kojim se jedan od njih spoji i time jaje oplodi. Od oplođenoga jajeta nastaje

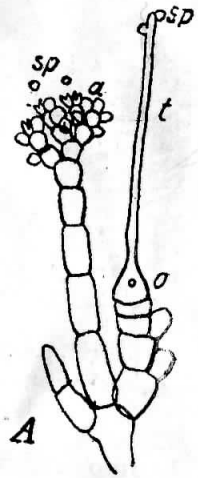


Slika 188. Oplodnja u vošerije (*Vaucheria sessilis*): *a* oogonij, *b* anteridij, *B* oospora. (Nathanson).



Sl. 189. Rasplodni organi u fukusa (*Fucus vesiculosus*). A steljka s plodnim vršcima *(b)*; *B* konceptakuli s oogonijima; *C* anteridiji sa spermatozoidima; *D* oospora u klijanju; *E* ogranak s anteridijima; *F* spermatozoidi oko jajeta. (Warming).

ospora, koja se ovije debelom kožicom i može duže vremena irovati. U fukusa se anteridiji i oogoniji nalaze u posebnim lubinama u debeloj koži steljke; zovemo ih „konceptakuli", kojih jedni sadržavaju oogonije, a drugi anteridije. (Slika 189.). j način oplodnje imaju često alge različnih tipova. U crvenih ga ili rodoficeja (*Rhodophyceae*) nestalo je spermatozoidima anja, te ovi nemaju cilija, nego ih voda slobodno nosi. Zovu spermaciji (Slika 190.). Da bi ti spermaciji lakše došli jajeta, razvili su oogoniji (karpogoniji) poseban nitast organ, ihogin", koji služi za hvatanje spermacija. I u višega skupa alaga, u haraceja (*Characeae*), lazimo spolnu razliku između muških i žen- h organa. Haraceje imaju oblik višega bilja listićima u pršljenima, na kojima se nalaze goniji i anteridiji; u tom su slučaju dvodomne biljke. Oogonij je jajast, obavit ovojnim spiralnim stanicama, koje se završuju „krunicom", z koju ulaze do jajeta spermatozoidi. Anteri- su obično crveni, a sastoje se od samih ploča, e čine kuglu. Na svakoj se ploči u unutarnjoj ani nalazi po jedna stanica, iz nje su izrasle e niti, sastavljene od takovih stanica, u ko- se nalazi po jedan spermatozoid s dvije e cilije. Nakon oplodnje nastane od oogonija pora, koja se napuni pričuvnom hranom i vije debelom i čvrstom okremenjenom lu- om. Crna i tvrda oospora vidi se gotovo kao vi plod, koji padne na tlo, od kojega se po- razvije nova biljka.

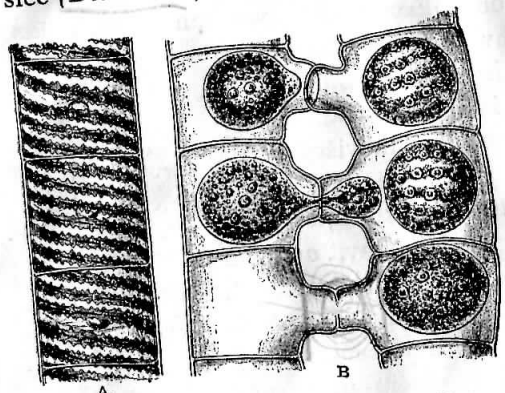


Slika 190. Rasplodni organi crvene alge *Nemalion multifidum*: *o* karpogon sa trihoginom *t* i spermacijem *sp*, koji se je prihvatio za trihoginu; *A* anteridij, sa spermacijima *sp*. (Nathanson.)

Osobiti način oplodnje nalazimo u alaga mašica ili konjugata; — tako ih naše po načinu oplodnje.

Kao primjer oplodnje konjugacijom na- m našu najobičniju slatkovodnu algu iz roda spirogira rogyra). Spirogira se pojavljuju obično u većim vlasuljastim pinama; niti se obično nalaze paralelno jedna uz drugu. asu, kada se spirogira počne spremati na oplodnju, izboče jprije susjedne membrane dvaju individua, dok se te izbočine

napokon ne spoje (Slika 191.). U tom času stane cijela sadržina jedne stanice prelaziti u drugu i napokon se te staničevine stope, a time je oplodnja gotova. Ova nova stanica, koja je nastala oplodnjom, obavije se debljom kožicom; odsada je zovemo zigosporom; ona je čvrsta, te može i oduže vremena u suhu proživjeti. Poznato je, da se spirogire obično pojavljuju po dva puta u godini, i to ponajviše u proljeću i jeseni. I alge kremenjašice *(Diatomeae)* pripadaju ovomu skupu jarmašica ili konjugata; i one se oplođuju konjugacijom protoplastâ dva individua. Produkat oplodnje zove se auksospora.



Slika 191. Konjugacija kod spirogire *(Spirogyra)*. *A* vegetativna nit, *B* dvije niti u kopulaciji. (Nathanson.)

Svakako ističemo, se za oplodnje, kod sp janja protoplasta, uvij spoji jezgra s jezgrom; je najznatniji čin oplo nje. Sjetimo se pri tom, da smo već u nauci o stanici rekli, da svaka jezgra ima neki broj tjelešaca, koje nazvasmo hromosomima. Za spajanja jezgara taj bi se broj (primjerice kod fukusa broj 32) podvostručio na 64, a kod ponovne oplodnje na 128 i t. d. No već nam samo razmišljanje kaže, da to ne može biti, pa se sama priroda pobrinula za to, da se prije svake oplodnje u jezgri osobitim načinom dijeljenja (reduktivno dijeljenje) umanji broj hromosoma u rasplodnim stanicama na polovicu; s oplodnjom se taj broj opet podvostruči na normalno. To umanjeno dijeljenje značajno je osobito sa stadijem, u kojem se klupko u jezgri pobočke smota; taj stadij zovemo sinapsis; umanjeno dijeljenje služi dakle regulaciji broja hromosoma. Ova tekovina nauke novijega doba osobito je važna za poznavanje oplodnje uopće, a vidjet ćemo je i promatrajući rasplod u ostalih skupova biljnoga carstva.

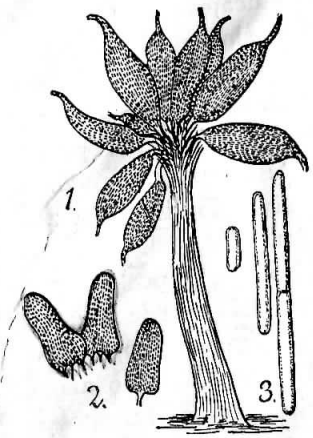
Ovime dakle upoznasmo u glavnom dvije vrste rasploda u alaga: nespolni rasplod zoosporama ili rasplod spolni gametama.

Biologijski je vrlo važno, da se oba načina rasploda u iste vrste izmjenjuju: u opisane već vošerije ili u vlasulje vidimo sad zoospore, a sad opet gamete ili oogonije i anteridije. Kada i s kojega se razloga oba ova načina rasploda izmjenjuju, nije nam u svakom slučaju poznato. Tek u nekoliko slučajeva dade se taj ritam u rasplodu rastumačiti: Život alaga u slatkoj vodi (u barama, a i u potočićima) donosi sam sa sobom, da alge moraju preživjeti neko suho ili hladno doba; tada se alga brine, da ovo za vegetativni život nepogodno doba bilo kako preživi, pa se dakle oplodnjom stvaraju otporne i čvrste trajne spore. Oplodnja se dakle pojavljuje osobito za nepogodnih životnih prilika, a zoospore za vegetativnoga života u pogodnim prilikama, te služe i razmnažanju i rasprostranjenju vrste. Zoospore prokliju redovno za kratko vrijeme u nove individue. Klebsu je pače u pokusu uspjelo, da mijenjanjem životnih prilika po svojoj volji provede ovaj ili onaj način rasploda. U slatkovodnih smo alaga još bar za neke slučajeve rastumačili ovaj ritam spolne i nespolne generacije, ali u morskih alaga, za koje nema takove razlike životnih prilika, stvar nam bude nerazumljiva, te još ne možemo sve životne prilike posve u sklad dovesti s rasplodom; zato se čini da je u nekih skupova izmjena generacija postala posve nezavisna o životnim prilikama.

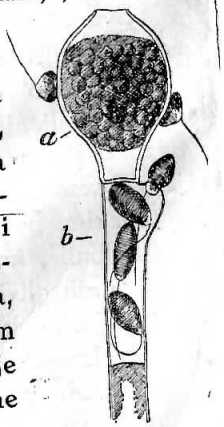
Sve te različne načine rasploda, a napose oplodnje, naći ćemo i u gljiva, i to pače još u mnogo raznoličnijem obliku. U bakterija smo već upoznali vegetativni način rasploda jednostavnim dijeljenjem i nespolni rasplod sa sporama. Jednaki rasplod nalazimo i u osobito zanimljiva skupa bakterija, u miksobakterija *(Myxobacteriaceae)*: One su tipski stanovnici na izmetinama životinjskim, ponajviše od miševa, štakora i kunića, gdje stvaraju silne kolonije, koje su zadobile raznolikih mikroskopskih oblika poput sitnih glivica (Slika 192.). Ima ih u svim živim bojama, od žute pa do karmin-crvene, te između gljiva pripadaju upravo biljkama krasnicama. Život im je moguć samo uz neke prilike, i to u vlažnu zraku kod temperature od 30° C. Razmnažaju se poglavito truskama ili sporama.

Glavna je razlika rasploda alaga od rasploda gljivâ u tome, što najveći broj gljiva živi na vlažnoj podlozi, ali zato ipak na kopnu; najveći pak broj alaga živi u vodi. Zato su alge sličnije

onim gljivama, koje žive u vodi, a to su poglavito gljive iz reda gljiva-algašica *(Phycomycetes)*, koje žive ponajviše kao nametnice na slatkovodnim algama; to su n. pr. hitridije *(Chytridineae)*, a od ovih su najobičnije vrste *Olpidium entophytum*, *Chytridium Olla*, pa *Rhizidium bulbigerum*. Nekoje od ovih stvaraju razgranjeni micelij u stanicama alaga, kod spirogire, edogonija *(Oedogonium)* i drugih alaga, a neke su sasvim izgubile svoj micelij i žive samo s rasplodnim stanicama. Rasplodne su stanice tih gljiva zoosporangiji sa zoosporama ili bludilicama, koje se slobodno giblju i napanu novu nit, u kojoj se razviju stvarajući ponovno sporangije. Slične bludilice stvaraju i saprolegnije *(Saprolegnia Thureti)*, koje žive kao nametnice na vodenim kukcima i muhama, a napadaju i ribe, među kojima znadu upravo zarazno pustošiti. Druge algašice toliko su još sličnije algama, što stvaraju i spolne organe, oogonije, u kojima se nalazi jaje, i anteridije s gibljivim spermatozoidima, koji oplođuju jaje, a od njega postane trajna oospora *(Monoblepharis)* (Slika 193.) U isto pleme gljiva-algašica brojimo i porodicu peronospora *(Peronosporaceae)*, od kojih je općeno poznata najveća neprijateljica naših vinograda vinova peronospora *(Plasmopara viticola)* (Slika 194.), a poznata je i krumpirova peronospora *(Phytophthora infenstas)*. Te gljive žive u lišću loze ili krumpira, a razmnažaju se i rasprostranjuju posredovanjem zraka. Micelij, koji raste u staničju lista, probije se kroz puči van, izraste u vis poput nježne stabljičice i producira spore. Te spore analogne su zoosporangijima alaga, ali se oblikom i životom bitno razlikuju; one otpanu na površinu lista, te se istom onda raspanu na gibljive ili negibljive

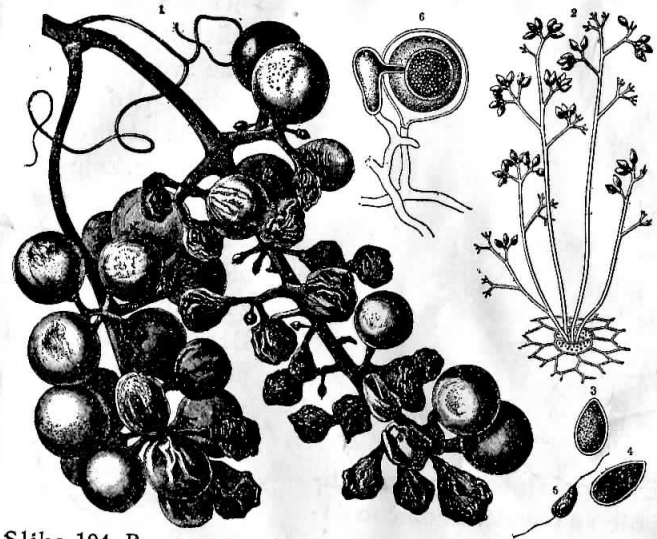


Slika 192. Miksobakterije. *1. Chondromyces apiculatus* *2. Chondromyces crocatus*, 3. pojedinačna bakterija, kad se dijeli (jako uvečano). (Warming).



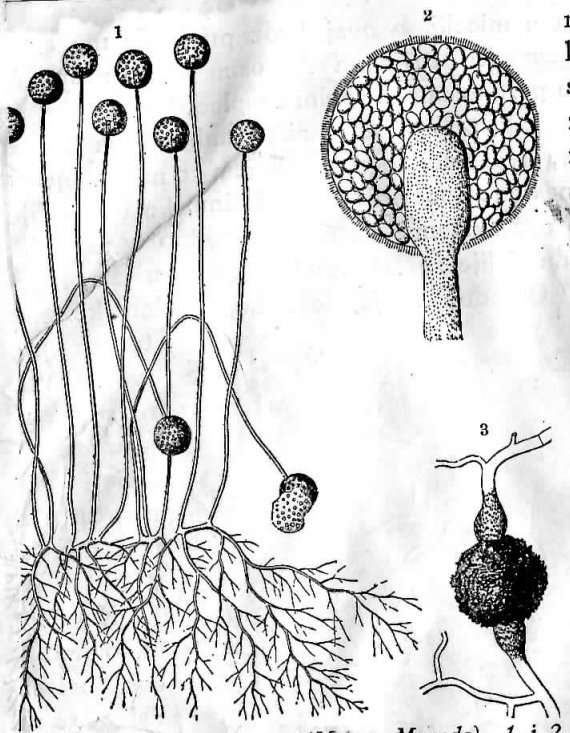
Slika 193. *Monoblepharis sphaerica*: *a* oogonij, *b* anteridij sa spermatozoidima. (Cornu.)

spore, koje prokliju u micelij, a ovaj kroz puči uđe u staničje lista. Te spore zovemo konidijama. Ali osim ovoga nespolnog rasploda nalazimo u peronospore i spolni rasplod, koji se događa u lisnom staničju ovako: Hifa u staničju nabubri na jednom okrajku poput kugle, stvarajući oogonij, u kojem se nalazi jaje. Na posve bližnjoj hifi nastane opet druga nabreklina, koja se odijeli od hife i postane anteridijem; on raste direktno u oogonij, a mjesto spermatozoida izlije se „spermatoplazma" u jaje, i time je oplodnja svršena. Oplođeno se jaje obavije debelom kožicom, te se pretvori u trajnu sporu koja, može preživjeti i duži nepogodni period života.



Slika 194. Peronospora vinova *(Plasmopara viticola)*. *1* grozd s bobama oboljelima od peronospore: *2* sporangiji, kako izlaze iz puči na površini lista; *3* spora; *4* i *5* spora se raspada na bludilicu; *6* oplodnja jajeta. (Kerner.)

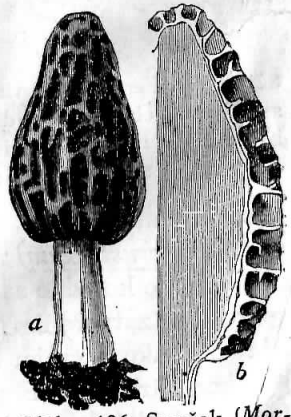
Konidije, kako smo ih evo opisali, nalaze se i u mnogih drugih gljiva, najpače u raznih plijesni, od kojih je najobičnija i posvuda, a osobito na gnjilom voću, rasprostranjena zelena plijesan *(Penicillium crustaceum)*; ona ima posebne stapke, a na njima razgranjene konidije sa sporama; plijesni iz roda *Mucor* stvaraju spore sa zatvorenim glavičastim sporangijima, koji su nalik na igle bačenke s crnim glavicama. Te plijesni žive negdje na organskom truležu, a poglavito ih mnogo ima na šumskom tlu. Odavna je bilo poznato, da te plijesni stvaraju spore, koje su produkat oplodnje, no istom je Amerikanac Blakeslea našao, kako se ta oplodnja događa. Našao je *Mucor*-vrsta, koje doduše



Slika 195. Crna plijesan (*Mucor Mucedo*). *1* i *2* sporangiji, *3* zigospora. (Kerner.)

ista vrsta različita spola (pozitivne i negativne vrste). Zigote su obavite neobično debelom i crnom kožom, te su dobro opremljene ne samo da mogu preživjeti nepogodni period, nego *(Phycomyces)* imadu često posebnih izraslina na površini, koje služe na rasprostranjenje biljke, jer se time lakše prihvate raznih predmeta.

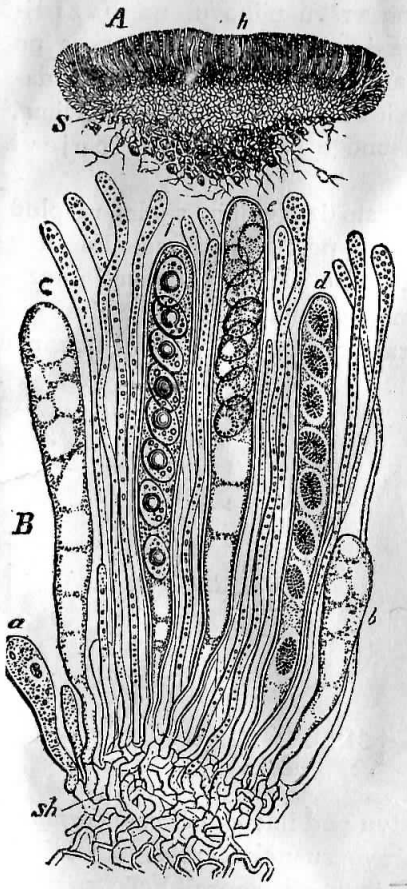
Truske ili spore crne plijesni nastaju u sporangiju, i zato ih zovemo endospore, a konidije zelene plijesni ne nastaju u sporangiju, te ih zovemo eksospore. Endospore nalazimo i kod kvasovaca *(Saccharomycetes)*, koji se inače umnažaju vegetativnim načinom, što smo prigodice ne pokazuju nikakovih morfologijskih razlika, ali se zato međusobom razlikuju fiziologijski. Ako se dva takova individua nalaze blizu jedan drugomu to na onome mjestu, gdje se oba individua dodirnu, prije svega hife nabreknu, a onda se stopivši stvore debelu sporu, koju radi sličnosti sa sporama jarmašicama zovemo zigosporom ili zigotom. Mogavši Blakeslea po volji ponoviti pokus, uvjerio, se, da su obje vrste zapravo



Slika 196. Smrčak (*Morchella esculenta*): *a* 1/2 prirodne veličine, *b* u prerezu. (Warming.)

upoznali kao pupanje. Kvasovci znadu za nepogodnih životnih prilika stvarati u jednoj stanici po četiri takove spore (askospore).

Više gljive, koje stvaraju posebna osobito izrasla plodišta — obično ih nazivaju gljivama —, razlikuju se time, što jedne *(Ascomycetes)* stvaraju endospore, a druge stvaraju eksospore *(Basidiomycetes)*. Primjerom prvoga skupa gljivâ budi poznata proljetna jestiva gljiva smrčak *(Morchella esculenta)!* Micelij joj živi u tlu, dok se konačno na jednome mjestu ne stane razvijati tako bujno, da izađe iz tla, stvorivši tako plodište sa stručkom i odebljim zelenkastim dijelom, koji možemo zvati trusnjačom; ova je namreškana i izverugana (Slika 196.). Površina tih udubina prekrita je osobitim staničjem, himenijem, koji je građen od dvojakih stanica: odebljalih mješinica (grčki „askos"), u kojima se nalazi obično parni broj sporâ, i od tanjih, na vrhu kijačasto odebljalih parafiza. Mješinice nijesu uvijek u otvorenoj zdjelici (Slika 197.) kao ovdje, nego se u nekih vrsta nalaze i zatvoreni u peritecijima, n. pr. kod gomoljike *(Tuber aestivum)*.

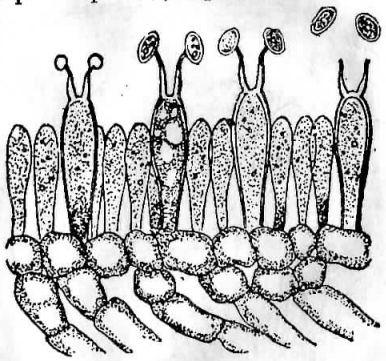


Slika 197. Jedna gljiva zdjeličarka *(Peziza convexula)*: *A* prerez kroz plodište, *h* himenij; *B* himenij uvećan, s plodnim mješinicama *(e, f, d)* i parafizama. (Po Sachsu.)

Drugomu skupu viših gljiva pripadaju eksosporni bazidiomiceti *(Basidiomycetes)*. Primjer nam je pečurka *(Agaricus campestris)*. Micelij te gljive raste pod ledinom na travnjacima, hraneći se gotovom organskom hranom. Bujno se razvijajući postanu te hife okruglo tijelo; od njega se

razvije plodište, poznato nam kao pečurka sa stručkom i klobukom. Donja strana klobuka prekrita je, kad je mlada, koprenom, koja se raskine, a ispod nje se ukažu ružičasti listići, svi prekriveni himenijem kao kod askomiceta, samo što se ovdje spore ne nalaze u mješinicama, nego na vršku njihovu, na bazidijama (Slika 198.). Svaka bazidija ima na malenim držcima po četiri spore; čim one dozre, otpanu i čine onaj prah, koji nalazimo pod zrelim gljivama. Vrganji nemaju himenija na listićima, nego u cjevčicama, a tako isto i mnoge gube ili škripnjevi *(Polyporaceae)*.

Kao što alge, tako i gljive često izmjenjuju spolni rasplod i nespolni; uzroci tomu nijesu posve poznati, ali svakako su u vezi sa životnim prilikama gljive. I više gljive askomiceti i bazidiomiceti, koji na oko imaju samo nespolni rasplod, čini se da ipak imaju u neku ruku zakržljali rasplod spolni, jer prije stvaranja spora nastaje stapanje jezgara, a ovo spajanje drže neki aktom oplodnje.

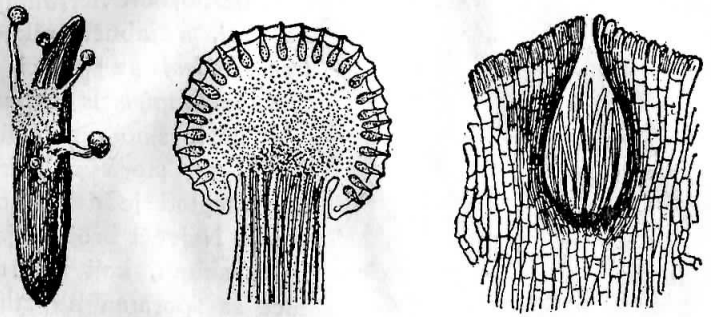


Slika 198. Himenij pečurke s bazidijama, (Po Möbiusu).

Ima opet gljiva, koje živu u više generacija, od kojih svaka ima svoj način rasploda, i to prema tome, u kojem li mediju živi. Takov nam primjer budi razvitak poznate nametnice glavnice *(Claviceps purpurea)*, koja stvara u raženom klasju tamnoljubičaste, crne, tvrde i rožnate tvorevine, poznate po otrovnim svojstvima, a rabe nam u ljekarstvu pod imenom *Secale cornutum* (Slika 199.). Te tvorevine zapravo su neka vrsta vegetativnih rasplodnih organa, koji nemaju nikakovih spora, nego su samo vrlo zbito staničje hifâ; zovemo ih sklerocijima, jer su baš tvrdi. Ti sklerociji odpadnu jeseni na tlo i tu mogu kao takovi prezimiti; iz ovoga sklerocija iznikne na proljeće više sitnih plodišta, koja oblikom sjećaju na više gljive, imajući mali stručak i glavicu. Prerežemo li tu glavicu, naći ćemo pod njenom površinom mnogo udubina s otvorima, a u njima poznate nam već mješinice s više (8) dugih nitastih trusaka. Kad ovo plodište dozri, ispanu

i truske van, a vjetar ih raznosi i donese gdjegdje koju slučajno na rascvali cvijet, gdje proklija i na plodnici se razvije, stvarajući na površini veliku množinu konidijskih spora. Te spore služe rasprostranjenju gliive. Hife naime izlučuju i medeni sok; muhe ga i pčele srču, ali time i raznose spore, koje se u drugom cvijetu nanovo razvijaju u plodnici micelij, iz kojeg napokon nastane sklerocij. Time se završi kolo života ove gljive.

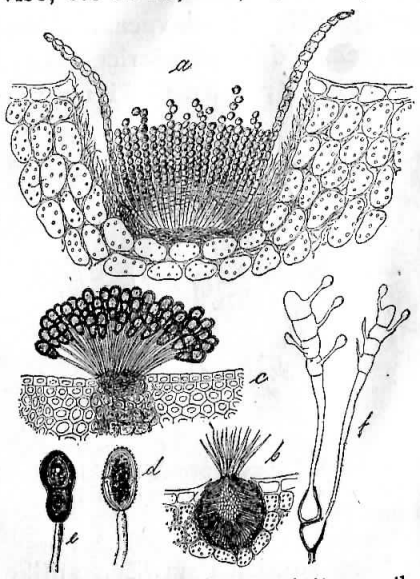
Neke gljive nametnice mijenjaju više stanodavaca, a obično dva, pa ih zato zovemo dvodomnima. To su primjerice pikci *(Uredineae)*; od njih je najobičniji žitni pikac ili žitna rđa



Slika 199. Glavnica *(Claviceps purpurea)*. Lijevo proklijali sklerocij, u sredini plodište u prerezu, desno peritecij s plodnim mješinicama ili ascima. (Nathanson).

(Puccinia graminis), koja živi na lišću žitaricâ i na lišću žutike *(Berberis vulgaris)*, gdje je uzrokom rđastih i crvenih pjega; ona stvara u svemu pet vrsta raznih spora. (Slika 200.). Micelij joj živi u staničju lista, te u nekom stadiju razvoja stvara određene neke spore. Žitni pikac stvara ljeti na površini lišća žitaricâ pod epidermom okrugle truske, uredospore; one prokliju na samome mjestu i rastu dalje u listu. Koncem ljeta stvaraju drugu vrstu trusaka, kojih ima na stapkama veliko mnoštvo na površini lista, crne su, a sastoje se od dvije stanice; zovemo ih teleutospore. To su zimske spore, jer klijaju istom u proljeće, ali samo ako dođu slučajno na list žutike. Proklijala spora stvara na mladoj gljivici malene spore, konidije ili sporidije, koje na listu proklijaju i zaraze list. Za ljeta stvaraju se na listu žutike, i to na površini donje strane, čaškasti organi, s truskama poredanima u redove;

to su ecidije s ecidiosporama. Uz te ecidije stvaraju se osim toga i na gornjoj strani lista kruškaste tvorevine sa stanicama, koje naliče sporama, ali im je funkcija nepoznata; zovu ih spermogonijima, a znači, da su u vezi s muškim rasplodnim stanicama, ali se to nije potanje istražilo; za ecidije znamo da klijaju samo onda, ako ih vjetar donese na list koje žitarice. Ovaj život na dvije biljke vrlo je čudan i nerastumačen, i to tim više, što se obje biljke, na kojima se pojedine generacije razvijaju, nalaze katkad razdaleko. Pikac kruškin *(Gymnosporangium Sabinae)* živi na kruški i na modrozrnoj borovici *(Juniperus Sabina)*, a jabučni pikac *(G. tremelloides)* na jabuci i na borovici *(Juniperus communis)*.



Slika 200. Rasplodni organi žitnoga pikca *(Puccinia graminis)*: *a* ecidije na listu žutike *(Berberis vulgaris)*, *b* spermogonij, *c* teleutospore na listu žitarica, *d* uredospora, *e* teleutospora; *f* teleutospora kada klija, sa sporidijama. (Migula).

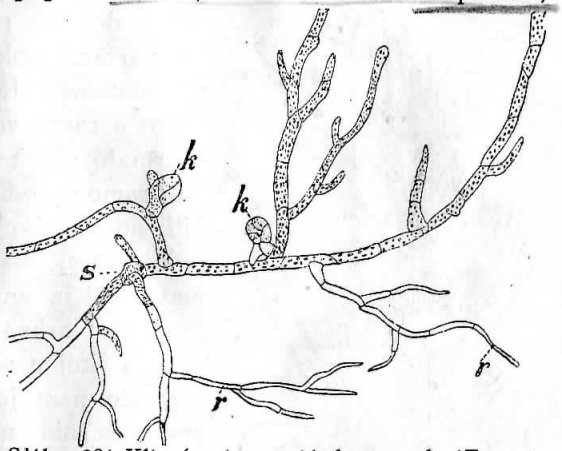
I lišaje smo upoznali kao gljive, pa stoga nalazimo u njih rasplod jednak kao i u gljiva. Najveći broj lišaja pripada skupu, koji ima mješinice sa sporama na zdjeličastim organima apotecijima, a tek ih nekoliko vrsta pripada bazidiomicetama. Prema tome i dijelimo lišaje na dva skupa: *Ascolichenes* i *Basidiolichenes*. Lišaji se razmnažaju i na vegetativni način dijelovima steljke, tako zvanim soredijima, koje vjetar na daleko raznosi. Takovih soredija nalazimo u jeseni silno mnoštvo na strani šumskoga drveća izloženoj vjetru. I spomenute zagonetne spermogonije nalazimo gdjegdje kod lišaja, no ni ovdje ne poznajemo njihove prave funkcije.

Pregledamo li još jednom na posljetku rasplodna sredstva u gljiva s biologijskoga gledišta, to razlikujemo tri načina rasploda sporama: kada za gljivu nastanu prilike nepogodne životu (suša, studen, nestašica hrane), to se od pojedinih stanica stvaraju čvršće

oklopljene spore, koje općeno zovemo paulospore ili hlamidospore; one spore, kojima je glavna zadaća razmnažanje i osobito rasprostranjenje, nastaju dijeljenjem, kao konidije, a zovemo ih kinospore; konačno sve one spore, koje su nastale spajanjem jezgara, dakle na seksualni način — kao oospore, askospore i bazidiospore — zovemo općeno gonospore.

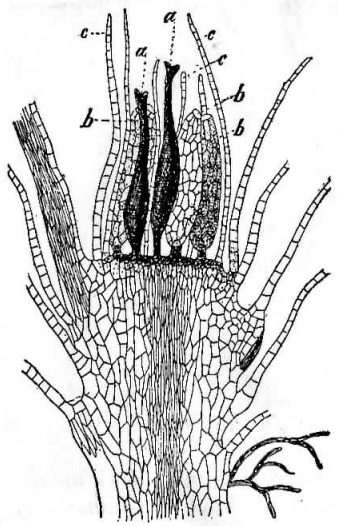
34. Kako se razmnažaju mahovi i paprati.

Mahovi i paprati u biljnom carstvu jesu veliki skup, označen jednolikim rasplodnim prilikama. Kao prave trusnjače razplođuju se i mahovi i paprati trusom, dakle načinom nespolnim, ali uz to nalazimo u jednih i drugih redovno potpuni spolni rasplod; dok je kod nekih alaga a i gljiva izmjena generacija nestalna i nepotpuna, kod mahova i paprati tako je izrazita kao ni u jednoga drugog biljnog skupa. Nauka o filogeniji ili rodoslovlju bilja tumači, da su se mahovi razvili od alaga, a od mahova paprati. Najviše alaga žive u vodi, a mahovi su se i paprati prilagodili kopnenom životu; ipak ima među njima nekoliko, koji žive i u vodi (mahovi: *Fontinalis, Cinclidotus, Riccia;* paprati: *Salvinia, Marsilia, Azolla.)* Većina pak mahova žive na vlažnu tlu, a osobito nadomak potočićima na sjenovitim mjestima. U svom razvitku donijeli su mahovi sa sobom rasplod spolnim i nespolnim načinom, a uz nove životne prilike upotrebili su oba načina rasploda. U samom razvoju mahova nalazimo stadij, koji nas mnogo sjeća izgleda alaga. Iz spore mahova razvije se nitasta i razgranjena nadzemna steljka s hlorofilom, koja se uzdiže ili plazi po tlu i od koje su se razvili korijenju slični „rizoidi" bez hlorofila. Ovaj stadij razvitka zove se protonema. (Slika 201.).



Slika 201. Klica (protomena) jednoga maha (*Funaria hygrometrica*): *s* spora, *r* rizoidi, *k* pupovi. (Nathanson).

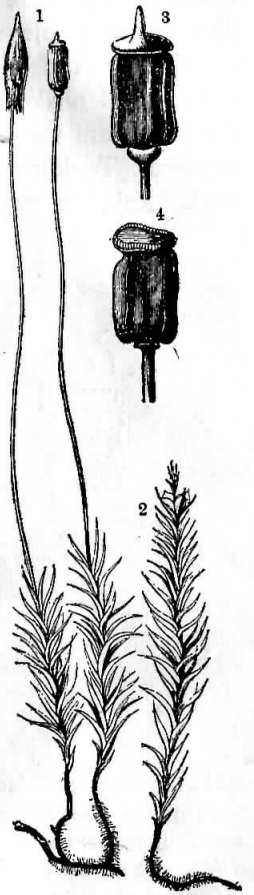
Istom iz ove klice izraste stabljika s nježnim tankim listićima, onaj dio biljke, koji zovemo mahom; na vršku njegovu nalazimo prave rasplodne organe, i to ili zajedno muška i ženska plodila ili svako za sebe. Muška su plodila jajolike tvorevine, u kojima se stvaraju spermatozoidi; zovemo ih kao i kod alga: anteridijima (Slika 202.). Ženska su plodila osobito značajno građena jednako kod mahova i kod paprati. Vide se kao kakova boca s odužim vratom. U donjem trbušastom dijelu njenu leži jajna stanica, od koje vodi uzak vrat, koji je na vrhu obično sluzav. To su arhegoniji, po kojima mahove i paprati zovemo arhegonijatama *(Archegoniatae)*. Archegoniji naliče donekle na pestić višega bilja. Da nastane oplodnja, treba da zreli spermatozoid dospije do jajeta; to je moguće samo vodenim putem, jer se spermatozoid može trepavicama gibati samo u vodi, a to u prirodi može biti onda, ako kaplja rose ili kiše ovlaži vršak maha. Tada izađu spermatozoidi iz anteridija i našavši put kroz vrat arhegonija, dospiju i do jajeta, s kojim se jedan od njih spoji. Najveće nam je pri tome čudo, da spermatozoid upravo nađe put do uskoga kanala. Ovaj pojav — da se ovdje ponovno toga sjetimo — rastumačio je fiziolog Pfeffer, koji je istraživao osjetljivost spermatozoida prema raznim kemikalijama, te je pri tome pronašao, da su svi spermatozoidi, specijalno roda *Marchantia*, osobito osjetljivi na razne organske kiseline, ponajviše na jabučnu kiselinu. Razrijeđena jabučna kiselina sa svom snagom privlači spermatozoide. Pfeffer je na osnovu toga izrazio posve opravdano mišljenje, da arhegoniji maršancije izlučuju nekakvu organsku kiselinu, koja privuče spermatozoide do vrata arhegonija, a odavde kroz uski kanal vrata lako dođu do jajeta. Arhegoniji maršancije posve su tipskoga oblika, te se nalaze na donjoj strani zvjezdastih pločica



Slika 202. Vršak jednoga maha *(Bryum hornum)* s rasplodnim organima: *a* arhegoniji, *b* anteridi i, *c* dlake ili parafize. (Nathanson).

na posebnim stapkama. Anteridiji pak nalaze se na isto takovim stapkama, te imaju sličnu zvjezdastu pločicu; u njoj se nalaze udubine, u kojima leže anteridiji. Ako kapljica vode dođe na tu pločicu, to u taj čas pobijeli kao mlijeko a mikroskopom vidimo, da je kapljica puna spermatozoida; ovi su nitasta oblika, a svaki nosi po dvije neobično duge cilije.

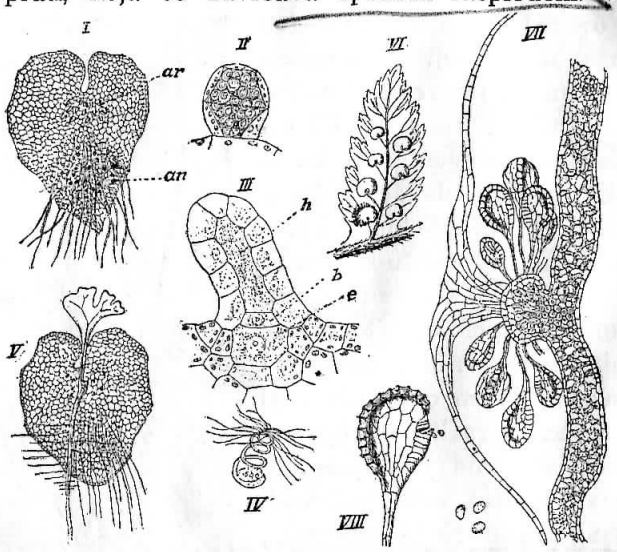
Nakon oplodnje razvija se iz oplođenoga jajeta plod; on je zapravo posebna generacija maha, koja se završuje stvaranjem spora, a zove se sporogon (Slika 203.). Sporogon se kod pravih mahova sastoji od stapke i ploda, te bismo ga mogli isporediti tobolcu. Oplođena se jajna stanica stane dijeliti i s gornjim dijelom izdigne arhegonij kao kapu. Konačno se razvije stapka i tobolac. Tobolac se sastoji u glavnom od izvanje lupine i središnje tako zvane kolumele, među kojima se nalaze vrećice s truskama. Ove su vrećice odijeljene od kolumele i lupine osobito rahlim i zračnim parenhimom. Na vrhu tobolca ima poklopac. Mehanizam, kojim odbacuju ovaj poklopac, za razne je vrsti različan, a općeno je građen komplicirano. Pod poklopcem se obično nalazi jedan ili dva reda jezičastih nastavaka (peristom), koji su vrlo higroskopski, te se onda, kad su vlažni, drže zajedno, prekrivajući sporangije, a za suha se vremena prema natrag izvrnu i tako otvore put sporama. Stvaranje spora služi razmnažanju i rasprostranjivanju. Vjetar može ove lagane spore vrlo lako raznesti, a time se kolo razvitka završilo.



Slika 203. *Polytrichum commune: 1* sa sporogonom, *2* bez sporogona; *3* tobolac s poklopcem, *4* bez poklopca. (Kerner).

U mahova ima dakle izmjena spolne i nespolne generacije. Prva je generacija apsolutno vezana za vodu, jer bez vode nema oplodnje; druga je generacija posve kserofitska, t. j. prilagođena je životu na suhom. Isto tako izrazito nalazimo tu izmjenu generacijâ

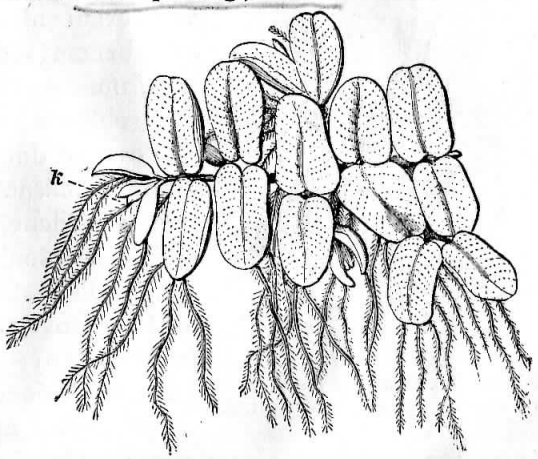
kod paprati. I paprati imaju u svom razvitku dvije generacije, od kojih je jedna prilagođena životu na vlažnom supstratu, a druga se razvila kao suhozemska biljka. Primjerom neka nam služi razvitak naše obične paprati, *Aspidium filix mas!* (Slika 204.) Truske se u nje nalaze na donjoj strani lista u posebnim sporangijima. Kad truska proklija, razvije se iz nje isprva nitasti organ, koji naskoro dobije značajni oblik srcolika listića, koji na donjoj strani ima male korjeniće, rizoide; njima priraste za supstrat. Ta klica ili protalij čini cijelu jednu generaciju paprati, koja se završava spolnim rasplodom. Rasplodni organi jednaki su organima kod mahova: anteridiji i arhegoniji. Na donjoj strani listića među rizoidima nalaze se anteridiji kao okruglaste male tvorevine na epidermi; u njihovim se stanicama stvaraju spermatozoidi, kojima je oblik osobito čudan. Tijelo im je zavinuto spiralno, a na vršku imaju čup trepavica ili cilija. Nad anteridijima nalaze se ženska spolovila, arhegoniji, s jajnom stanicom, građeni kao i kod mahova, trbušasti su s kratkim i nešto širim vratom. I oplodnja biva posve analogno vodom kao i kod mahova: arhegonij mahova izlučuje kisele tvari, koje privlače spermatozoide, a ovi onda obave kopulaciju. Nakon oplodnje razvija se jajna stanica dijeljenjem i sve se više diferencira, dok konačno od nje ne



Slika 204. Razvoj jedne paprati *(Aspidium filix mas); I.* protalij s arhegonijima *(ar)* i anteridijima *(an); II.* zreo anteridij pun spermatozoida; *III.* arhegonij s jajetom *(e); IV.* spermatozoid; *V.* protalij sa zametkom paprati; *VI.* priperak lista sa sorima; *VII.* sor sa sporangijima uvećan. (Migula.)

nastane mlada biljčica, pravi embrion ili zametak paprati. Druga ova generacija, koja se razvija nakon oplodnje, završuje svoj život sporama: na lišću paprati razviju se na donjoj strani skupovi sporangijâ, sori, koji su često prekriveni pokrovom (induzijem). U sporangiju se nalaze spore, koje zreli sporangij na osobiti mehanički način izbaci. Na gornjoj strani sporangija nalazi se u polukrugu red nejednako odebljalih stanica, koje se, kad su suhe, od napetosti membrane naglo rastegnu i zbog toga izbace spore napolje. Spore, koje su pale na vlažno tlo, počnu iznova klijati.

Ako isporedimo razvitak mahova i paprati, to nalazimo između obiju skupova veliku sličnost, ali ujedno i bitnu razliku. Kod mahova smatramo stabljičicu s listovima, koja sačinjava zapravo mah, spolnom generacijom, dok je nespolna generacija neznatnija i sastoji se samo od sporangija ili trusovnica. Kod paprati nalazimo upravo slučaj obrnuti. Spolna generacija je neznatna i skoro bismo rekli da je zakržljala, tako da je nevježa i ne zapaža, a niti znade za nju; cijela je pak listovna biljka, koju zovemo paprat, samo nespolna generacija. Paprat je dakle u razvitku pošla dalje, te se razvija u slobodnu kopnenu biljku. Ovaj razvitak nespolne generacije ide uporedo s razvojem bilja sve dalje i dalje, dok se konačno, kako ćemo imati prilike upoznati, spolna generacija posve ne izgubi.

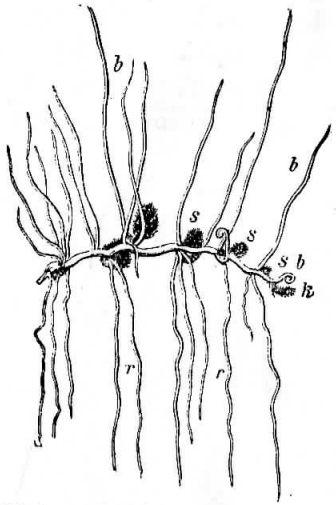


Slika 205. *Salvinia natans.* (Warming).

Unutar samoga plemena pravih paprati *(Filicales)* nastaje u životu pojedinih vrsta dioba rada. Što je veći razvitak, to je dioba pojedinih uloga u životu svakoga organizma veća. Kod običnih naših paprati, osladi ili bujadi, nalazimo trusnice na organima za asimilaciju. Ima takovih rodova i vrsta, koje imaju posebno lišće, što služi samo asimilaciji, dok su opet na posebnu

lišću trusnice razvijene; te listove zovemo sporofilima; njih imaju primjerice tropske paprati *Rhipidopteris foeniculacea, Niphobolus serpens,* pa osim ovih *Ophioglossum, Botrychium, Onoclea, Struthiopteris, Allosurus.* Paprat *Osmunda regalis* ima pače jedan dio lista plodan, a drugi je dio neplodan.

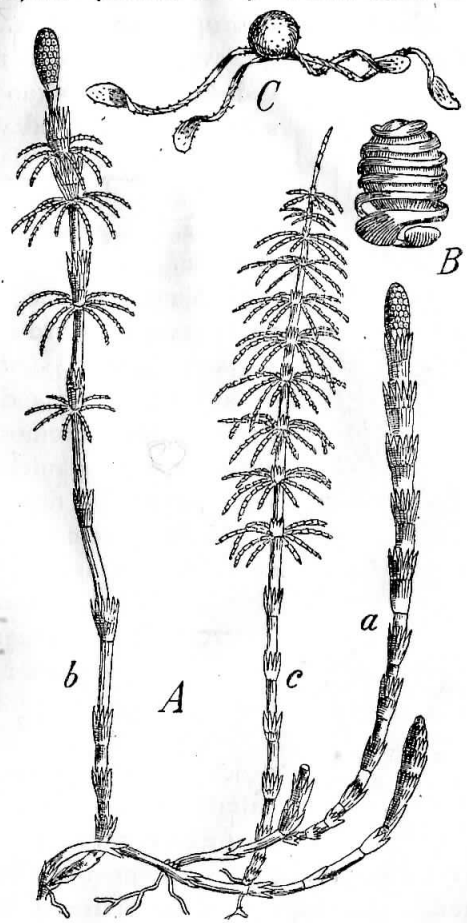
Zanimljive su vodene paprati *(Hydropteridales),* koje — kako im već samo ime kaže — žive u vodi; imaju posebne listove koji su se posve pretvorili u organe za sporangije s posvemašnjim vidom plodova, te ih zato zovemo sporokarpijima ili trusnim plodovima. Tako ima *Salvinia natans* sporokarpije na korijenju pod dugoljastim listovima (Slika 205.), koji plivaju na vodi, a isto tako i nježna američka *Azolla caroliniana,* koju smo spomenuli već i radi njena zadružnoga života s anabenom (Vidi poglavlje 28). *Marsilia quadrifolia* sa četveropernim listovima, koji oblikom sjećaju djeteline, nosi plodove pri dnu peteljke listova, a isto tako i uskolisna *Pilularia* (Slika 206). Sve te vodene paprati pokazuju još daljnji savršeniji razvoj u tome, što imaju dvije vrsti trusovnica, i to: malene (mikrosporangiji) i velike trusovnice (makrosporangiji). Ova diferencijacija trusa donosi sa sobom i razdjeljenje spolova na protalijima, koji se iz trusa razviju. Od malenih spora (mikrospora) razvije se obično muška klica s anteridijima, a od velikih spora (makrospora) razvije se ženska klica s arhegonijima.



Slika 206. *Pilularia globulifera.* sa sporokarpima *(s)* (Warming.).

I preslice *(Equisetales)* imaju dvojake protalije: manje muške protalije s anteridijima i veće ženske s arhegonijima. Protaliji preslice nemaju srcoliki oblik kao klice običnih paprati, nego su malene uzdignute i nepravilne tvorevine. Stabljika preslice zajedno s lišćem ne naliči ni u čem na ostale paprati; istom po rasplodnim organima raspoznajemo, da ove biljke pripadaju papratima. Stabljika je opora i prilično tvrda, a unutra je šuplja. Listovi stoje u pršljenima, te su okrugli kao i stabljike, što ovoj

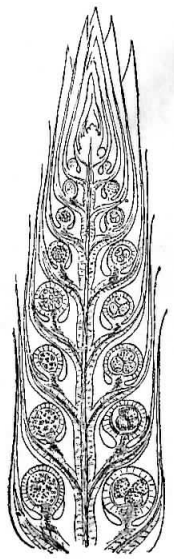
paprati podaje upravo osobiti izgled. Vrh stabljike je u nekih vrsta plodan, te ima oblik klasa, a sastoji se od samih plodnih listova, koji su opet poređani u pršljene (Slika 207.). Svaki štitoliki takov listić nosi na unutarnjoj strani trusovnice s trusom. Trus je jednolik, te ne pokazuje diferencijacije na velike i malene spore. Diferencijacija, dotično dioba rada, postoji kod nekih drugih vrsta toliko, da su se razvili posebni sporofili, t. j. plodne stabljike, a razgranjenje i zelene stabljike neplodne su. Preslica konačno naliči na višu biljku time, da u zemlji ima i podanak, iz kojeg izbijaju iz zemnih pupova nove stabljike. Osim spolnoga i nespolnog rasploda razmnaža se dakle preslica i vegetativnim načinom. I naša obična crvotočina *(Lycopodium clavatum)* ima sličan razvoj i rasplod kao i preslica. Protalij u crvotočine ima oblik repe, koji na vrhu nosi anteridije i arhegonije. Ovaj protalij posve je bez boje, te se hrani saprofitički s gljivnim micelijem, koji u njem živi. Taj smo pojav već upoznali s imenom mikoriza.



Slika 207. *Equisetum pratense,* preslica poljska: *a* plodni izdanak, *b* isti s ograncima, *c* neplodni izdanak, *B* spora s omotanim elaterama, *C* spora s razmotanim elaterama. (Warming).

Među papratima najsavršeniji tip oblikom, razvojem i rasplodom jest selagina *(Selaginella)* (Slika 208.). Od ovoga roda živi tek nekoliko vrsta u Evropi, već su sve ponajviše stanovnice

vlažnih tropskih krajeva. Selagina je razgranjena paprat s razvijenom stabljikom i ljuskastim zelenim listićima. Ovi su se listići na vrhu stabljike razvili kao plodni listovi, od kojih neki nose velike truske, a drugi opet malene. Cijeli ti klasovi s plodnim listovima sjećaju svojim oblikom na crvotočinu. Od malenih trusaka razviju se kao kod vodenih paprati protaliji s anteridijima, a od velikih opet protaliji s arhegonijima. Protaliji selagine tako su maleni, da i ne izlaze iz truske, a hrane se na račun pričuvne hrane, koja se nalazi u truski, pa stoga i nemaju hlorofila.



Sl. 208. Plodni izdanak selagine *(Selaginella)* u prerezu s mikrosporangijima (lijevo) i makrosporangijima (desno). (Warming).

Izmjena generacija, kakove ima kod paprati, nalazi svoju potvrdu i sa strane promatranja o stapanju jezgara. Jednom smo prilikom naglasili, da se kod stapanja dviju spolnih jezgara podvostručuje broj hromosoma tih nosioca svojstava nasljedstva u stanici. Prema tome se nalazi u svim stanicama nespolne generacije uvijek dvostruki broj hromosoma (diploidna generacija), dok se taj broj u spolnoj generaciji smanjio na polovicu (haploidna generacija).

Ova izmjena generacija kod mahova i paprati posve je razumljiva i s biologijskoga gledišta. O tome smo već mnogošta natuknuli.

Rasplod paprati upućuje nas na razmišlianje o odnosu razvoja prema životnim prilikama. Od najnižih mahova pa do najviših paprati vidimo po njihovu razvoju nastojanje biljke, kako da od vodene biljke postane kopnenom. Mahovi su se jamačno razvili od alaga, koje živu ponajviše u vodi; oslobađati se od toga života mogle su se samo pomalo. Prvi je način bio taj, da se osim spolnoga rasploda, gibljivim spermatozoidima, razvio rasplod suhim sporama, koje se raznose vjetrom. Kod paprati se generacija oplodnjom uza sudjelovanje vode sve više reducirala, dok konačno uopće ne ostane u spori, kao kod selagine. Oplodnja kod paprati, a i kod mahova, vezana je na slučaj, da voda dospije do plodila, jer samo tako može spermatozoid doći do jajeta. Potpuno se oslobodila života u vodi istom prva sjemenjača s pravim cvijetom, jer je kod nje oplodnja posve nezavisna o vodi. Ovo nas razmatranje upućuje na to, koliko su biologijske prilike utjecale, a utječu još i danas na rasplod bilja, pa nipošto ne smijemo smetnuti s uma, da se rasplod, a i sav ostali život biljke razvio pod utjecajem okoline, u kojoj biljka živi.

35. Cvijet služi rasplodu sjemenjača.

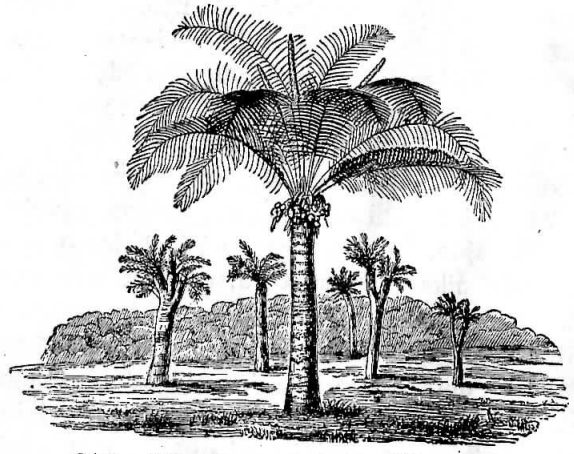
U svakom novijem udžbeniku botanike nalazimo ovu definiciju cvijeta: „Cvijet je izdanak ili dio izdanka, koji nosi lišće udešeno za rasplod." Za spolni rasplod razvili su se listovi u muške i ženske plodne listove. I lapovi, latice, pestići i prašnici, sve su to preudešeni i preformirani listovi, koji svi služe oplodnji: jedni su od tih listova neplodni — tako lapovi i latice — a drugi su plodni i nose rasplodne stanice. Skup svih tih listova nalazi se na vrhu izdanka ili osi, koja više ne raste. Motrimo li cvijet s gledišta te čisto morfologijske definicije, trebalo bi da dopustimo, da se takav cvijet nalazi već u prije opisane selagine *(Selaginella)*; i selagina ima izdanak s plodnim listovima, koji nose velike ili male trusovnice (makrosporangije i mikrosporangije). Prema tome bi nestalo one goleme razlike između javnocvjetaka i tajnocvjetaka. A tako i jest, jer u bitnosti ne poznaje priroda nikakovih sustava, nego su ove narinuli ljudi vikli s čisto praktičkih razloga sve svrstavati i uređivati; pa ćemo se uvjeriti, da i u javnocvjetaka ima svih analognih slučajeva oplodnje, koje upoznasmo u nižih i jednostavnije građenih paprati i mahova. I u javnocvjetaka nalazimo velikih i malenih trusovnica i arhegonija i anteridija, ali su svi ti rasplodni organi udešeni posve prema životu više biljke, koja se posve riješila vode i postala samostalnom kopnenom biljkom.

Da ovu vezu ili prelaz od paprati do javnocvjetaka bolje razjasnimo, trebalo bi da se sasvim zamislimo u doba, kada još nije bilo biljaka s potpunim cvijetom, kakovih danas nalazimo na zemlji u doba, kada su još rasli i živjeli preteče današnjih javnocvjetaka. To su poglavito drveta *Lepidodendron, Sigillaria, Cordaites, Bennettites*, od kojih su prve živjele ponajviše u ugljeno doba, a posljednje poznajemo iz doba jure i krede. Ti izumrli tipovi pokazuju nam sve prelaze i tumače nam, kako su od paprati mogle postati sjemenjače. Ta razmatranja pripadaju nauci

o biljnom rodoslovlju ili filogeniji bilja, kojom se mi ne kanimo baviti; ovdje ćemo prikazati samo život današnjega svijeta. Sve te biljke, koje nose cvijet, zovemo jednim imenom cvjetnjače ili antofite *(Anthophyta)*, a možemo u njih razlikovati u glavnom dva skupa: golosjemenjače *(Gymnospermae)* i skrovnosjemenjače *(Angiospermae.)*

Oplodnja golosjemenjača ili gimnosperama.

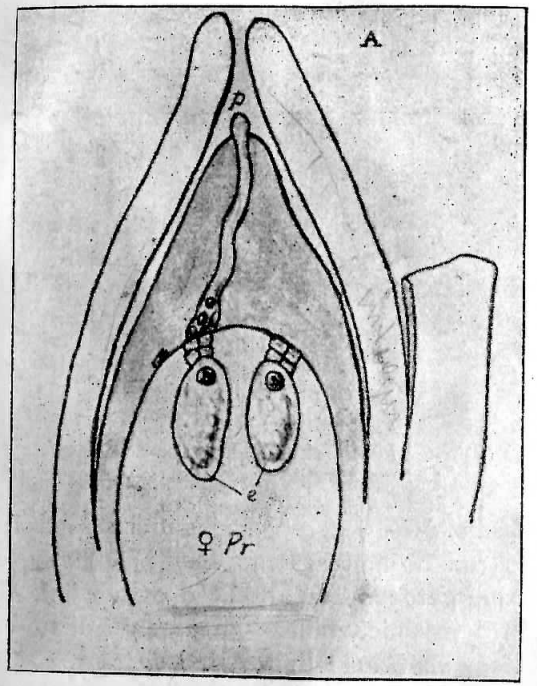
Najjednostavniji je tip golosjemenjača oblikom i građom, a i rasplodom porodica sago-paoma ili cikas-paoma *(Cycadinae)*, koje danas nastavaju samo tropske krajeve. Stablo im je sad kraće sad duže, ponajviše i nerazgranjeno, a na vrhu ima gusto, u spiralu poređano, perjasto lišće (Slika 209.). Muški se cvjetovi sastoje od češera, na kojem su prašnički listovi poređani poput ljusaka, a prašnice imaju ti cvjetovi na donjoj strani. Ženski cvjetovi slični su ljuskastim plodnim listovima, na kojima se nalaze nekoliko sjemenih zametaka. Prerežemo li takav jedan sjemeni zametak po dužini, vidjet ćemo u njemu jajasto tijelo, jezgricu *(nucellus)*. Ova je obavita sa dva ovoja (integumenta), koji na vrhu ostavljaju maleni otvor, „mikropilu". U sredini nalazi se velika jajasta stanica, koja se kasnije razraste u embrionsku kesu i ispunjuje najveći dio jezgrice. U toj embrionskoj kesi nastaje staničje, koje zovemo endosperam, a u gornjem dijelu toga endosperma nalaze se dvije oveće stanice, koje su prije zvali „corpuscula" („tjelešca"). Danas znamo, da su ta „tjelešca" posve isto što i arhegoniji paprati, a prema tome je endosperam isto što i protalij. Arhegonijska priroda korpuskula pozna se i po



Slika 209. *Cycas circinalis.* (Warming).

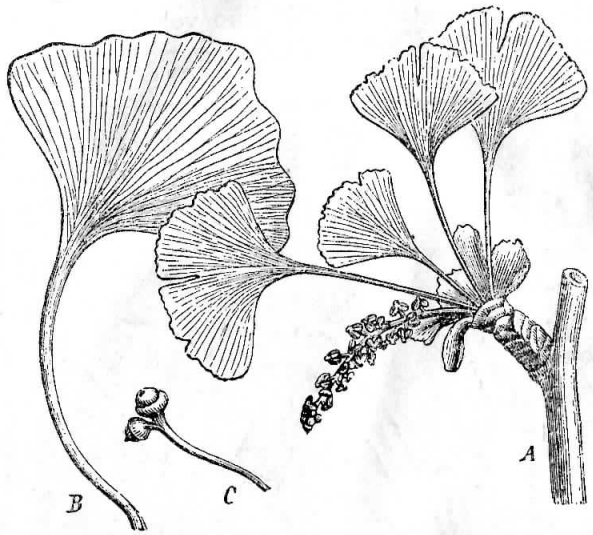
tom, što se nad jajnom stanicom dobro vide zakržljale stanice arhegonijskoga vrata. Jednaku građu sjemenoga zameta nalazimo i u svih ostalih golosjemenjača, a najpače u konifera *(Coniferae)* (Slika 190.), među koje brojimo i naše crnogorično drveće. Ako provedemo analogiju gimnosperama sa papratima do kraja, to bismo mogli cijeli sjemeni zametak označiti kao veliki trusnik ili makrosporangij, a ženski cvijet kao makrosporofil.

Jednake analogije možemo provesti i s muškim cvijetom. Na donjoj strani prašničkih listova (mikrosporofil) nalaze se prašnice na prašnicima, koji odgovaraju mikrosporangijima, a svako polenovo zrno odgovara mikrosporama paprati. Polen raznosi vjetar upravo kao i spore paprati. Kad polenovo zrno dođe do otvora („mikropyla") sjemenoga zametka, prilijepi se ovdje na ljepljivu kapljicu tekućine, koju u taj mah sjemeni zametak izlučuje. Tu počne kao kakova gljivna spora klijati mješinica, koja naliči na gljivnu hifu. U toj mješinici nastaju sada vrlo znatne promjene: Od tri jezgre, koje se nalaze u polenovu zrnu, razdijeli se srednja na dvije i od obiju ovih jezgara stvore se dva spermatozoida s cijelim vijencem trepavicâ (cilija). U to se i stijena mješinice rastvori, a spermatozoidi izmile napolje u tekućinu, u kojoj doplivaju do jezgrice (nucela) i jajeta, koje oplode. Nenadano ovo stvaranje gibljivih spermatozoida posve



Slika 210. Uzdužni prerez kroz sjemeni zamet konifere; *p* polenova mješinica. (Nathanson.)

nas sjeća papratî, a u tom pojavu vidimo još ostatak života spolne generacije u vodi. Od ostalih golosjemenjača ostalo je na životu samo drvo *Ginkgo biloba*, koje je sačuvalo oplodnju gibljivim spermatozoidima. *Ginkgo* je danas još jedini živi zastupnik svoga roda, koji je nekada bio mnogobrojan, a danas živi samo u Japanu i Kini; kod nas se uvrtovima goji radi osobito lijepoga uzrasta s lepezastim lišćem. (Sl. 211.). Ovaj pojav oplodnje jajeta gibljivim spermatozoidima našao je Japanac Hirase.



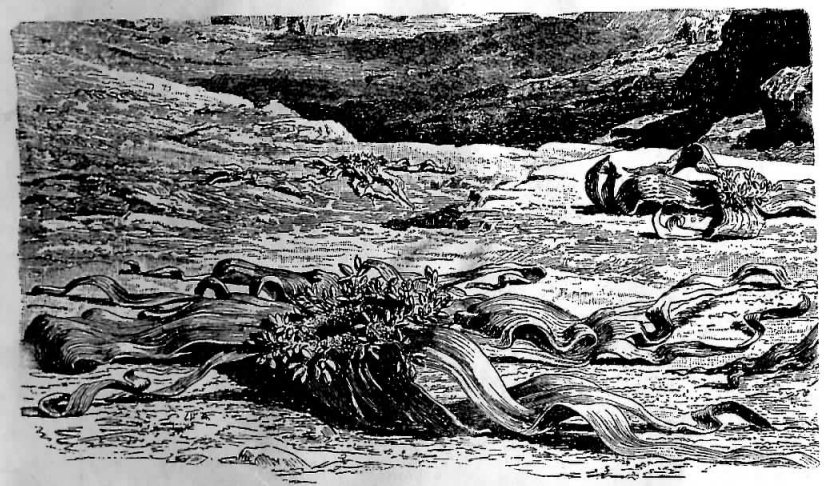
Sl. 211. *Ginkgo biloba*. *A* grančica sa muškim cvijetom, *B* list, *C* ženski cvijet sa sjemenim zametom. (Migula).

Kod ostalih golosjemenjača, kao kod naših konifera, nema više spermatozoida, nego ostanu samo dvije jezgre bez ikakovih trepavica. Mješinica raste naime skroz do jajeta, tako da generativne jezgre, koje su analogne spermatozoidima, direktno oplode jaje. Inače se sjemeni zameci a i prašnice nalaze na plodnim listovima, koji su poređani na češerima kao i kod cikadeja.

U posljednji skup golosjemenjača vrstamo rodove *Ephedra*, od kojega ima nekih vrsta i u mediteranskim krajevima *(E. fragilis* u Dalmaciji) a naliči oblikom na preslicu, *Gnetum* i čudnovata u biljnom svijetu već spominjana *Tumboa* ili *Welwitschia*.

Welwitschia nosi ime po znamenitom istraživaču Afrike i botaničaru Frideriku Velviču, koji je vjerojatno slovenačkog porijetla. Velvič se je rodio godine 1806. u jednom selu kod Cjelovca u Koruškoj, odatle je otišao u Beč, gdje je svršio medicinske nauke, a onda se dao na botaniku. Kao takav pošao je na poziv portugiške vlade u Angolu u Afriku. Odavde piše

Velvič u London 13. augusta 1860. pismo, u kojem opisuje otkriće čudnovate biljke, koja ima 4 stope široko deblo, a visoko nad zemljom samo 1 stopu. Na deblu su samo dva široka lista, ali i preko 2 metra dugačka i rastrgana. (Slika 212.) Urođenici su zvali ovu čudnovatu biljku N'tumbo i Velvič ju je stoga okrstio imenom *Tumboa*, no kasnije je u počast Velviča nazvana *Welwitschia mirabilis*. Kasnije su upoznali i opisali muške i ženske cvijetove ove biljke, a po ovima pripada nedvojbeno ovoj posljednoj rpi golosjemenjača i ako pokazuju prelaz na skrovnosjemenjače, budući da su sjemeni zameci već donekle ovijeni plodnim listovima.

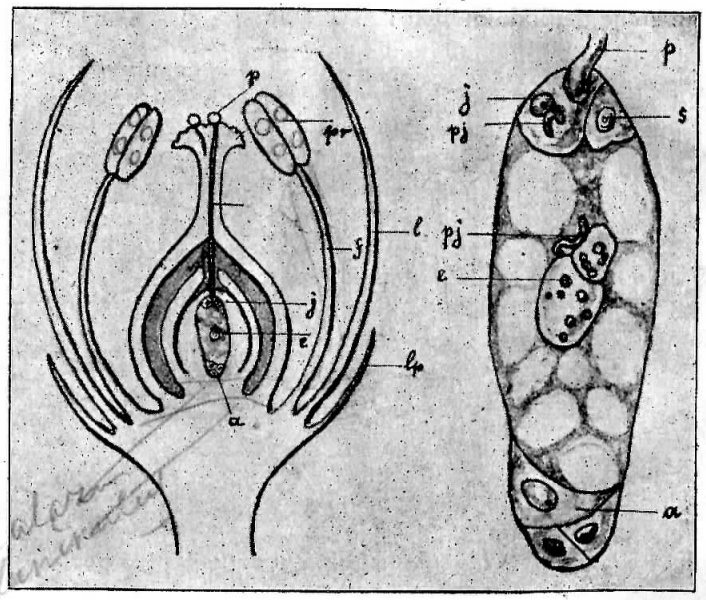


Slika 212. *Welwitschia mirabilis* u pustinji. (Kerner).

Oplodnja skrovnosjemenjača *(angiosperma)*.

Onaj početak nastojanja posljednjih i najrazvijenijih golosjemenjača, da što više zaštite sjemeni zametak, proveden je kod svih skrovnosjemenjača potpuno. Plodni listovi tvore zatvorenu šupljinu, u kojoj se nalaze sjemeni zameci (Slika 213.) Tako su postale plodnice, na kojima se jedva raspoznaje, da su tvorevine lista. Plodnica *(ovarium)* sastoji se ili od jednoga jedinog na oba kraja srasla plodnog lista *(carpella* ili *carpida)*, kao n. pr. kod lepirnjača *(Leguminosae)*, ili opet od više zajedno sraslih plodnih listova. Pošto su sjemeni zameci zatvoreni, polen ne

može da direktno dođe do zametka. U tu svrhu razvio se je na plodnici tanak vrat *(stylus)*, a na ovome poput kakove bradavice poseban organ za primanje polena, tako zva njuška *(stigma)*. Njuška je ljepljiva ili dlakava, a rijetko je glatka. Sjemeni zameci, kojih ima obično jedan ili više u svakoj plodnici, sjede na posebnoj izbočini, koju zovemo placentom ili posteljicom. Zametak, koji je isto što i makrosporangij paprati, građen je u principu prilično jednako kao i kod golosjemenjača. Srednji dio zametka *(nucelus)* obavijen je sa dva ovoja *(integumenta)*, koja



Slika 213. Shematički prosjek kroz angiospermski cvijet: *p* polen, *j* jaje, *s* sinergida, *pj* polenova jezgra, *a* antipode, *e* embrionska jezgra, *lp* lapovi, *l* latica, *f* filament prašnika, *pr* prašnice.

na vrhu ostavljaju uzak otvor *(mikropyla)*. U nucelu se razvila velika stanica, koju isporedujemo sa velikom truskom ili makrosporom kod paprati, a zovemo ju embrionskom kesom. Dok smo kod golosjemenjača mogli još razabrati protalij, a i arhegonij, ovdje se jedva može o ovima nagađati. Prvotna jezgra, koja se nalazi u embrionskoj kesi, razdijeli se ponajprije

na dvije jezgre, od kojih svaka zapremi svoje mjesto na jednom kraju kese. Svaka od ovih jezgara razdijeli se opet dva puta za redom, tako da na svakom kraju nastanu po četiri jezgre. Po jedna se jezgra s oba kraja na to približi sredini, gdje se spoje u sekundarnu embrionsku jezgru. Kada su se ovi događaji dovršili, dozreo je dotle i zametak za oplodnju. Na gornjem polu nalazi se jedna oveća jezgra, koju smatramo jajetom, dok druge dvije jezgre služe samo pomoćno kao t. zv. sinergide. Na protivnom se pak polu nalaze tri jezgre, antipode, a u sredini je spomenuta već sekundarna embrionska jezgra. Cijela nutrina ovakova sjemenoga zametka građena je prema tome komplicirano.

Muški plodni list ili prašnik *(mikrosporofil)* sastoji redovno od drška *(filamentum)* i prašnice ili antere, koja je obično razdijeljena na dvije polovice *(thecae)*, od kojih svaka ima po dvije polenovnice, koje su analogne mikrosporangijima. U tim polenovnicama nalazi se polen, sitan ponajviše žut prašak od polenova zrnja. Polenovo zrno ima jednu jezgru, koja se u času oplodnje razdijeli na dvije, i to na jednu vegetativnu jezgru i na drugu generativnu. Kada polen dospije na njušku, počne ovdje klijati kao kakva gljiva spora u polenovu mješinicu, koja naliči na micelij gljive. Ova mješinica raste kroz cijeli vrat sve do sjemenoga zametka, te konačno uđe kroz mikropilu u embrionsku kesu. U polenovoj mješinici događaju se pri tom velike promjene: Vegetativne jezgre nestane, a generativna se razdijeli na dvije jezgre, koje poprime oblik crvića, a mogu se i gibati poput ameba. Kad ove jezgre uđu u embrionsku kesu, spoji se jedna s jajetom, a druga se stopi s embrionskom sekundarnom jezgrom, i time je čin oplodnje dovršen. Tu tako zvanu „dvostruku oplodnju“ kod angiosperma otkrio je ruski botanik Navašin. Od oplođenoga jajeta nastaje mladi zametak ili embrion, a od sekundarne embrionske jezgre endosperam, t. j. staničje, koje služi za prehranu mladoga embrija. Ovo je tipski način oplodnje skrovnosjemenjača, a u velikom mnoštvu biljnih porodica i rodova ima dakako mnogo različnosti, u koje se ovdje u kratkom prikazu ne možemo upuštati.

Vrijedno je, da napose spomenemo one slučajeve, u kojima zameti nastaju i od drugih stanica embrionske kese (apogamija)

ili pače od same jajne stanice bez oplodnje. Ovaj posljednji pojav zovemo djevičanskim stvaranjem ili partenogenezom. Oba ova pojava nalazimo u različitih skupova biljnoga carstva. Zameci mogu nastati (apogamija) bilo od pomoćnih stanica sinergida — kao što je poznato i za vrkutu *(Alchemilla)*, četrun *(Citrus)* i mrazovac *(Colchicum)* —, bilo od koje antipodne stanice — kao kod mirisavog luka *(Allium odorum)* — pa kod nekih vrsta tropskih parasita iz porodice balanofora *(Balanophoraceae)*. Čista partenogeza, t. j. stvaranje embriona bez oplodnje od jajeta, rjedi je pojav utvrđen napose za arktički runolist *(Gnaphalium alpinum)*, koji naliči na naš dvodomni runolist *(G. dioicum)*. Arktičkoga runolista ima po svoj Skandinaviji, Sibiriji, a i po arktičkoj Americi, pa gdjegdje u silnoj množini. I ova je biljka dvodomna, ali se za čudo pojavljuje samo u ženskim primjercima te se čini, da muških primjeraka uopće nema; zato ta biljka ipak donosi sjeme, a Juel je utvrdio, da u tom slučaju postoji prava partenogeneza. Partenogeneza je nadalje poznata za vredovac *(Thalictrum purpurascens)* i maslačak *(Taraxacum officinale)*; i za neke runjike *(Hieracium)* znade se da se razvijaju partenogetski, a *Hieracium excellens* uopće ne producira polena. Partenogenetski razvitak klice od jajeta poznat je i kod nekih tajnocvjetaka; kao najobičniji primjer spominje se jedna porožnica *(Chara crinita)*, koja je dvodomna te ima oogonije na jednoj stabljičici, a anteridije na drugoj. Ove porožnice ili hare ima na daleko i široko po Aziji i Africi, a svagdje samo ženskih primjeraka; muški su primjerci vrlo rijetki, nađeni su tek u nekoliko slučajeva kod Coutersoina u Južnoj Francuskoj, kod Gurjeva na Kaspijskom moru, pa kod Sibinja i nadomak Budimpešti: posve je danas sigurno, da se oogoniji ove porožnice razvijaju partenogenetički. Isto je tako partenogeneza poznata i za neke vodene plijesni iz porodice saprolegnija *(Saprolegniaceae)*. Apogamija je rašírena i kod paprati.[1] Čemu je svim ovim biljkama ovaj način rasploda i kako je nastao teško je reći, tek je sigurno, da su te biljke na taj način postale neovisne o spolnom rasplodu.

[1] Dr. P. Gjorgjević: Aposporija i apogamija u biljke *Trichomanes Kaulfussi*. Glas kr. srpske akademije. Knj. 83.

36. Biologija cvijeta.

U predašnjem smo poglavlju upoznali oplodnju kod sjemenjača i sve one pojave, koje se događaju od onoga vremena, kada polen dođe na njušku pestića, pa sve do stvaranja zametka. Pri tome smo upravo namjerice mimoišli pitanje, kako polen uopće dođe na njušku. Učinili smo to upravo s razloga toga, što je taj pojav u nekoj vezi s organizacijom cvijeta. Morfologija nas bilja uči, da ima jednospolnih i dvospolnih cvjetova. Jednospolni cvjetovi jesu ili muški (polenovi) cvjetovi ili ženski (pestićki ili tučkovi). Ovo razdjeljenje spolova na različne cvjetove zovemo diklinijom. Jednospolni cvjetovi mogu se nalaziti na istom izdanku ili stablu, a tada kažemo, da su cvjetovi jednodomni (monoecia) — tako kod šimšira *(Buxus)*, bukve *(Fagus)*, hrasta *(Quercus)*, breze *(Betula)*, duda *(Morus)*, kostanja *(Castanea)*, oraha *(Juglans)* i kod mnogih konifera (jela, smreka, ariš, bor), nadalje u kukuruza *(Zea Mays)*, buće, ugorka i t. d. Ako se pak muški i ženski cvjetovi nalaze na zasebnim izdancima, tada kažemo, da su dvodomni (dioecia); takove imaju n. pr. vrba *(Salix)*, topola *(Populus)*, tisa *(Taxus)*, konoplja *(Cannabis)*, kopriva *(Urtica)*, kiselica *(Rumex)*, divlja buća *(Bryonia dioica)* i t. d.

Osim ovog osnovnoga razdjeljenja spolova nalazimo još i ove kombinacije:

Andromonecija: ☿ i ♂ cvijetovi na istom individuju, n. pr. čemerika *(Veratrum)*.

Androdiecija: jedni individui nose ☿, drugi samo ♂ cvjetove,[1] n. pr. steljka *(Dryas octopetala)*.

Ginomonecija: ☿ i ♀ na istom individuju; n. pr. stjeničina *(Parietaria)* i neke glavočike *(Compositae)*.

Ginodiecija: ☿ i ♀ na raznim individuima; n. pr. potočnica *(Myosotis)*, kadulja *(Salvia pratensis)*, majčina dušica *(Thymus)*.

Trimonecija: na istom individuju ima ♂, ♀ i ☿ cvjetova, n. pr. divlji kostanj *(Aesculus Hippocastanum)*:

Triecija: na raznim individuima nalaze se ♂, ♀ i ☿ cvjetovi, n. pr. bijeli jasen *(Fraxinus excelsior)*.

[1] ♂ = muški, ♀ = ženski, ☿ = dvospolni cvjetovi.

Ovaj pojav nejednolikoga razdjeljenja cvjetova zovemo poligamijom ili „mnogoženstvom".

I nehotice pitamo za razlog ovom nejednakom razdjeljenju spolova. Nije li sigurnije, da će oplodnje biti, ako se muški i ženski cvjetovi nalaze združeni zajedno u jednom cvijetu? Uvjerit ćemo se, da i ondje, gdje u jednom cvijetu zajedno ima i prašnika i pestića, postoje kojekakve uredbe, koje upravo sprečavaju oplodnju u istom cvijetu; biljka upravo nastoji, da tu samooplodnju (autogamiju) u istom cvijetu spriječi. To je već znao i osnivač biologije cvijeta Christian Konrad Sprengel, a to je ponovno našao i pojačao Darwin postavivši kao osnovni biološki zakon ovo pravilo: „Nijedno se organsko biće ne može uzdržati samooplodnjom u neograničenu broju generacija, te je za uzdržavanje vrste upravo nužno prigodno križanje različitih individua, makar i nakon odužih razmaka". To je onaj isti zakon, koji se provodi i u ljudskom društvu, naime brakovi izvan srodstva; možemo reći, da je danas općeno poznata činjenica, da križanje individua što daljega srodstva daje jači i bolji podmladak, a rasplod u najbližem srodstvu vodi do propasti. Isti taj zakon vlada dakle općeno u prirodi, a napose u biljnom svijetu, gdje je proveden do skrajnosti; zato treba prenijeti polen iz jednog cvijeta u drugi. Samo je tako moguća oplodnja, koju zovemo ksenogamijom ili alogamijom (allogamia). Polen iz jednoga cvijeta u drugi prenese vjetar (anemogamija) ili voda (hidrogamija) ili životinje, a osobito kukci (zoidiogamija), No uza sve to bude često i autogamije, kao spas u nevolji, poglavito onda, ako izostane alogamija.

Samooplodnja ili autogamija.

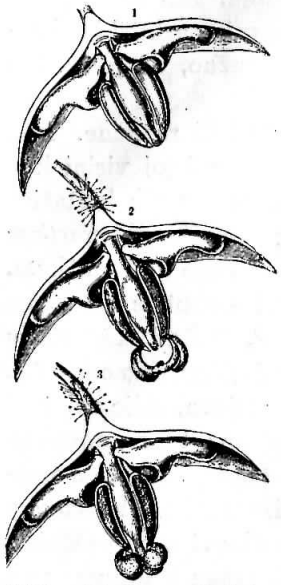
Unatoč Darwinovu zakonu o križanoj oplodnji poznajemo danas vrlo mnogo slučajeva, gdje u dvospolnim cvjetovima bude i samooplodnje; ima dapače i slučajeva, gdje se čini, da alogamija uopće nije potrebna, što više, da je i suvišna. Kao takove autogamne ili autofertilne biljke poznajemo ječam *(Hordeum vulgare* i *H. trifurcatum)*, pšenicu *(Triticum vulgare* i *T. turgidum)*, zob *(Avena sativa)*, runjavu kadulju *(Salvia Horminum)*, alpinsku runjiku *(Hieracium alpinum)*, mak *(Papaver dubium)*, grah *(Phaseolus vulgaris)*, lan *(Linum usitatissimum)*, dimarku *(Fumaria officinalis)*, gorocvijet *(Adonis aestivalis)* i mnoge druge. Što više, ima i uredaba, koje omogućuju samooplodnju, ako se križanje na koji način zapriječi. Warming je u sjevernim arktičkim krajevima, gdje ima razmjerno malo kukaca, opažao, da je većina bilja udešena za autogamiju.

Takove uredbe za samooplodnju mogu biti različne. Evo nekoliko slučajeva: Ako se prašnice nalaze u istoj visini kao i njuška, to je autogamija vrlo laka, n. pr. u mnogih krstašica *(Cruciferae)*, kao u večernjice *(Hesperis)* i potočarke *(Nasturtium palustre)*. U drugom slučaju stoje prašnice upravo nad njuškom, te tako polen iz zrelih prašnica upravo i nehotice pane na njušku, n. pr. u vinove loze *(Vitis vinifera)*, kaline *(Ligustrum vulgare)*, jorgovana *(Syringa vulgaris)*, lazarkinje *(Asperula odorata)*, pa osobito u mnogih krstašica. Ima pak i slučajeva, gdje cvjetovi stoje razito, a prašnice se nalaze nad njuškom; tu se oplodnja vlastitim polenom upravo ne da ukloniti, tako n. pr. kod urodice *(Melampyrum nemorosum* i *pratense)*. Borovnica *(Vaccinium myrtillus)* i opirnik *(Arctostaphylos)* imaju njušku višu od prašnica, ali pošto su cvjetovi okrenuti dolje, to zreli polen lako pane sam od sebe na njušku.

U drugim nekim slučajevima ne biva ta samooplodnja samo pukim slučajem, nego se čini kao da je cvijet tako udešen, da, ako ne uspije križanje, za nuždu bude samooplodnje. Kod ptičjega mlijeka *(Ornithogallum)*, rascjepka *(Scylla)* i Petrova krsta *(Paris quadrifolia)* stoje prašnici isprva razdaleko svinuti od njuške, no ako alogamije ne bude, privinu se upravo na samu njušku; to isto vrijedi i za skorušicu *(Agrimonia Eupatoria)*, bahornicu *(Circaea alpina)* i peršunak *(Aethusa cynapium)*, za broćiku *(Galium*-vrste), vilinu kosu *(Cuscuta)* i druge biljke.

Često se nadalje dogodi, da prašnice za cvatnje stoje i niže od njuške, a onda izrastu i protegnu se upravo do njuške, pa stovare na nju polen. To se opažalo napose u moškovice *(Adoxa moschatelina)*, treskovače *(Scleranthus)*, ždralovnica *(Geraniaceae)*, kamenika *(Saxifragaceae)*. No ima i obratnih slučajeva, gdje vrat pestića izraste naknadno u vis, te se pri tome dotakne prašnica, koje stoje nad njim, n. pr. u krespina *(Epimedium alpinum)*

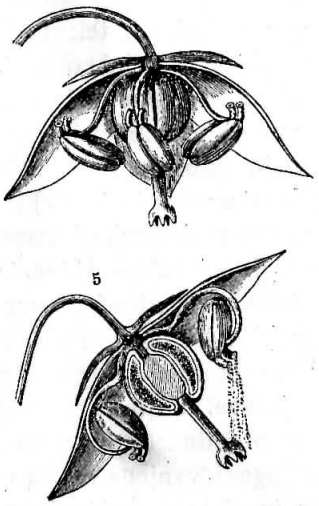
(Slika 214.). Kerner opisuje taj slučaj ovako: „Plodnica je vretenasta oblika i nosi na kratkom vratu malenu bradavičastu njušku. Prašnici, njih četiri, leže leđima prislonjeni na plodnici, prašnice su prema vani okrenute, zašiljene, a nad prašnicama se uzdiže kao vrh koplja mala lisnata ljuska. Bradavičasta njuška, koja se nalazi među ove četiri ljuske, dozre za oplodnju, dok su prašnice još zatvorene. U to se vrijeme može njuška oploditi polenom drugih cvjetova. Istom se sada otvore dvogradne prašnice, i to upravo na osobiti način. Prednja strana svakoga pregratka izdigne se poput male resice, na koje se na unutarnjoj strani cijeli polen pričvrstio. Obje se rerice na to zgvrče i skrate, te previnu u luku nad lisnatu ljusku na vrhu prašnika i nad njušku, koja se nalazi odmah blizu. To se sve događa u isto vrijeme u sve četiri prašnice, a posljedak jest to, da je sada njuška natkrivena kapom od osam svinutih resica. Međutim nastaju promjene i na pestiću, doduše veoma neznatne, ali su za konačnu autogamiju vrlo važne. Ako njuška nije već u početku cvatnje posredovanjem kukaca oprašena polenom od drugih cvijetova, to se cijeli pestić produži — i to baš toliko, koliko je nužno, da se neoprašena njuška stisne u kapu napunjenu polenom. Pošto se na koncu cvatnje resice još jače smotaju, to napokon dođe njuška upravo neotklonivo u doticaj s polenom, a time je konačno autogamija uspjela".



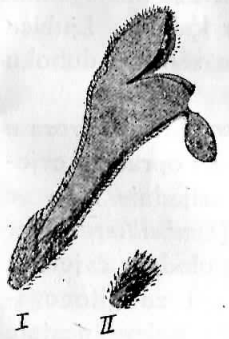
Slika 214. Samooplodnja kod krespina *(Epimedium alpinum)*. (Po Kerneru.)

Prije smo spomenuli slučaj, da autogamiju može dovoditi gibanje prašnika; ali ima slučajeva, gdje se i vrat pestića s njuškom tako giblje, da ravno dođe u doticaj s prašnicima. To biva kod divizme *(Verbascum Thapsus)*, kozokrvine *(Lonicera alpigena, L. Xylosteum)*, vrbolike (*Epilobium angustifolium*), matovilca (*Valerianella*), lijera (*Lilium martagon*). Osobito zanimljivi slučaj autogamije pokazuje kruščica (*Pirola uniflora*). Cvjetovi

su joj okrenuti dolje, a tako isto vise i pestići s njuškom. Prašnici su svinuti u obliku slova *S*, i to tako, da su obje rupice prašnika, kroz koje se polen rasiplje, okrenute gore, pa tako polen ne može ispasti napolje. Kukci, koji radi slatkoga soka ili nektara zalaze u ove cvjetove, i nehotice izvrnu prašnice, ove se opraše i tako kukci prenesu polen u drugi cvijet te ga ovdje istovare na njušku. Ne bude li takova križanja, nastane autogamija ovako: Cvijet, koji je isprva visio upravo okomito, nagnuo se sada koso, tako da njuška dođe upravo pod prašnice. Prašnici pak zavinuli su se upravo obratno, tako da su rupice prašnica okrenute dolje, te je upravo dosta da se prašnice potresu i najmanje, a da polen ispane napolje, i to upravo na samu njušku. (Sl. 215.) Ni ovaj slučaj nije baš rijedak: Pestić je na vratu dlakav, i kada polen izlazi između prašnika, prihvati se na ovim dlakama, pa tu čeka kao kakova pričuva. Dogodi li se, da ne bude oprašivanja križanjem, svine se vrat poput pera od ure i dođe njuškom do dlakavoga dijela, gdje se vlastitim polenom opraši. Taj način samooplodnje nalazimo u zvončike (*Campanula*), sunčanice (*Helianthus annus*), runjike (*Hieracium*), cikorije (*Cichorium Intybus*), stolisnika (*Achillea millefolium*), titrice (*Matricaria chamomilla*) i mnogih drugih biljaka.



Slika 215. Pirola uniflora (Kerner).



Slika 216. Cvijet mrtve koprive *(Lamium amplexicaule)*. I. hasmogamni, II klistogamni oblik cvijeta (Migula.)

Dalnjih raznolikih slučajeva ima upravo toliko, da s punim pravom kaže Kerner, „da bi se o tim uredbama, koje služe autogamiji, mogle napisati cijele knjige; te tako i opet vidimo, kolika je moć prirode. da istu temu varijira na najrazličitiji način".

Konačno ne možemo mimoići jedan još osobitiji način samooplodnje, gdje cijeli cvijet

zakržlja i oblikom i izgledom tako, da se oprašivanje obavlja u zatvorenom cvijetu. Ovaj pojav oplodnje u zatvorenom cvijetu zovemo klistogamijom. I miris, latice, boja i med, sve je to suvišno ovim cvjetovima; stoga su obično posve neugledni, a razvijeni su tek toliko, da su se u njihovim listovima mogli razviti rasplodni organi. Sjeme, koje nastaje u klistogamnim cvjetovima, posve je normalno, te klija i razvija se kao u cvjetova otvorenih ili hasmogamnih. Tipske klistogamne cvjetove imaju ljubice (*Viola mirabilis, hirta, collina*), pa mrtva kopriva (*Lamium amplexicaule*) (Slika 216.), netik *(Impatiens noli tangere)*, rosika muholovka (*Drosera rotundifolia*), zečja soca *(Oxalis acetosella)*, zijevalica (*Linaria vulgaris*), dubačac (*Aremonia agrimoniodes*), trolistica (*Menyanthes trifoliata*), režuha (*Cardamine chenopodifolia*), akacija (*Robinia pseudoaccacia*), sitinac (*Juncus bufonius*). Uz ove klistogamne cvjetove imaju iste te biljke i normalne cvjetove, u kojima se provodi križanje. Klistogamija je dakle samo jedna uredba za krajnju nuždu, ako se križanje bilo s kojega izvanjega razloga zapriječilo. Jedan od najznatnijih uzroka je izostajanje križanja, a to je poglavito onda, ako su kukci, koji prenose polen, bilo s koga razloga u tome zapriječeni. Osim toga mogu biti uzrokom i prilike nepogodne razvoju normalnoga cvijeta, n. pr. preslabo svijetlo u dubokoj sjeni, nestadak dostatne topline u rano proljeće ili pak duga suša, a eventualno i poduža povodnja. Poznato je, da mrtva kopriva stvara klistogamne cvjetove samo u kasnoj jeseni, kad više nema kukaca. Ljubica *(Viola sepincola)* primjerice postaje klistogamna samo u duboku šumskome hladu, gdje je svijetlo slabo.

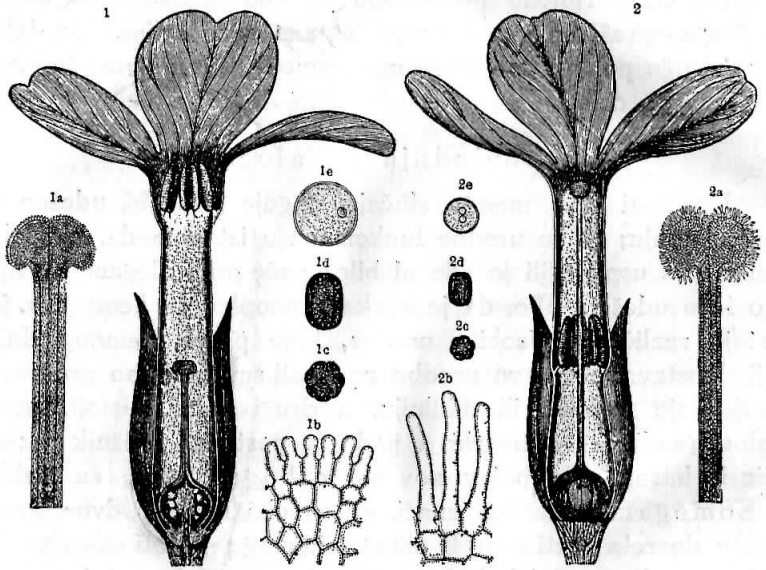
Kod jednodomnih biljaka ne može dakako biti ni govora o autogamiji, ali zato se ipak može dogoditi, da se oprašuju cvjetovi istoga individua ili istoga cvata. Ovo posljednje lako se događa kod sucvjetaka (*Compositae*) i štitaraka (*Umbelliferae*), jer se cvjetovi nalaze nablizu; u ovom slučaju oplodnje cvjetova istoga individua govorimo o gitonogamiji. I za gitonogamiju vrijedi ono isto, što i za autogamiju, da naime nastaje samo od nužde. Sve je u oplodnji cvijeta tako udešeno, da se samo postigne križanje; zato se i Sprengelu i Darwinu morala nametnuti misao, „da priroda navodno nikako ne će da se cvjetovi oplođuju sami". Ima još jedna vrlo znatna činjenica,

koja ovu teoriju još više učvršćuje. Pokusi su naime pokazali, da mnogi i mnogi cvjetovi ne daju sjemena, ako se opraše vlastitim polenom. Takove su autosterilne biljke primjerce mak *(Papaver somniferum)*, šupaljka *(Corydalis cava)*, žabnjak *(Ranunculus acer)*, djetelina (*Trifolium repens*,) grah (*Phaseolus multiflorus*), bob (*Vicia faba*), ljubičasta divizma (*Verbascum phoeniceum*), glicina (*Wistaria sinensis*), raž (*Secale cereale*), metiljka puzava (*Lysimachia nummularia*). Za neke tropske vrste iz porodica kaćunovica utvrđeno je, da vlastiti polen djeluje na njušku kao otrov: u vrste *Notylia* pocrne njuške već za dva dana nakon vlastitoga oprašivanja, a konačno otpane cijeli cvijet. Tu dakle nema druge pomoći, do li križanja prenošenjem polena s jednoga individua na drugi.

Stranooplodnja ili alogamija.

Upoznali smo mnogo slučajeva, gdje je cvijet udešen za samooplodnju; ali te uredbe funkcioniraju istom onda, ako alogamija nije uspjela ili je nije ni bilo; pače prije alogamije cvijet je obično udešen tako, da je svaka samooplodnja nemoguća, jer postoje različne i osobite uredbe, koje prieče samooplodnju. Najjednostavniju takovu uredbu upoznali smo već kao prostorno razdjeljenje spolova ili dikliniju, a drugi način nastoji, da se spolovi razdijele vremenski, t. j. da se pestić ili prašnik razvije prije ili kasnije. Taj pojav zovemo dihogamijom, za razliku od homogamije, a ova znači, da su oba spola u dvospolnom cvijetu dozrela u isti mah. U dihogamiji mogu nastati dva slučaja: ili dozre prije prašnici, te se zreo polen oprašuje, dok još pestić nije razvijen i njuška ne može primiti polen — taj slučaj zovemo protandrijom —, ili je obratno pestić ili njuška zrela za oprašivanje, dok se polen još nije ni razvio, a to zovemo protoginijom. Kao primjer „protandrijskih" cvjetova navodim šafran ili brndušu *(Crocus)*, žabljak (*Ranunculus acer*) kokotić (*Delphinium*), zvončiku (*Campanula*), vrbiku (*Epilobium*), rutvicu (*Ruta graveolens*), peruniku (*Iris*), kadulju (*Salvia*, čuvarkuću (*Sempervivum tectorum*), dragoljub (*Tropaeolum*), lipu (*Tilia*), sljez (*Malva*), akaciju (*Robinia pseudoaccacia*), ranovku (*Anthyllis vulneraria*), netik (*Impatiens*, vrijesak (*Calluna*), lisičinu (*Echium vulgare*), naprstak (*Digitalis*), pa osim ovih rodova i mnoge druge biljne

porodice, n. pr. sucvjetke i štitarke. Posve je razumljivo, da u isto vrijeme bude cvjetova starijih i mlađih, te je time prenos polena ili oprašivanje križanjem osigurano. Protoginski cvjetovi mnogo su rjeđi od potandrijskih, a takovi su primjerice u rogoza (*Typha*), ježinca (*Sparganium*), mrestnjaka (*Potamogeton*), mnogih trava (*Anthoxanthum, Phleum, Glyceria, Sesleria, Alopecurus*), kozlaca (*Arum maculatum*), većine sitina (*Juncaceae*), ptičjega mlijeka (*Ornithogallum*), Petrova krsta (*Paris quadrifolia*), mrazovca (*Colchicum*), brijesta (*Ulmus*), kučike (*Pulsatilla*), kopitnjaka (*Asarum*



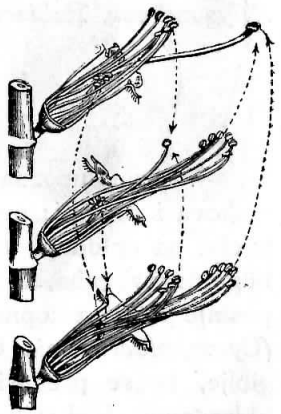
Slika 217. Dimorfna heterostilija u jaglaca *(Primula acaulis)*. 1 kratkovrati cvijet, 2 dugovrati cvijet, 1a vrat sa njuškom, 1b njuška povećana, 1c, d, e polen u kratkovratih cvijetova, 2a, b, c, d, e isto u dugovratih cvijetova. (Kerner).

europaeum), kukurijeka (*Helleborus*), gorocvijeta (*Adonis*), jagode (*Fragaria*), jabuke (*Pirus malus*), kruške (*Pirus communis*), crnoga trna (*Prunus spinosa*), mlječike (*Euphorbia*), velebilja (*Atropa belladonna*), trpuca (*Plantago*), čestoslavice (*Veronica*) i t. d.

Na treći se način autogamija priječi tako, da homogamni spolni organi zauzmu u cvijetu takav položaj, koji svaku samooplodnju onemogućuje (herkogamija). Tom se prilikom sjetimo oplodnih prilika kod kruščice, gdje su prašnice izvrnute, ta je

već time samooplodnja zapriječena. Kod pavenke (*Vinca major*) pestić je svinut poput nokta, a njuška se nalazi na donjoj strani, tako da polen pane na vrh pestića, ali ne može doći do njuške. Tipske herkogamije ima i u nekih porodica, n. pr. u kaćunovaca (*Orchideae*) i svilenjača (*Asclepiadaceae*).

Četvrti način zaprečivanja samooplodnje najsavršeniji je, a to je heterostilija. U ovom se slučaju razviju doduše njuška i prašnice u isto vrijeme i u istom cvijetu, ali u različnoj visini, tako da ima cvjetova kratkovratih i dugovratih. Jaglaci (*Primula acaulis, elatior, officinalis* i dr.) imaju dvije vrste cvjetova, od kojih se jedni pojavljuju obično na jednom individuu, a drugi na drugom; u jednom su prašnici prirasli u dnu cvijeta, a pestić se izdigao tako, da njuška viri iz cvijeta; u drugom su cvijetu prašnici prirasli na rubu cvjetnoga lijevka, a kratkovrati pestić s njuškom sjedi na dnu cvijeta. To je dimorfna heterostilija (Slika 217.). Svrha ove uredbe jasna je, a funkcija je jednostavna. Kukac (pčela), ulazeći u kratkovrati cvijet, i nehotice se odmah dotakne prašnica, a prelazeći u drugi cvijet opraši dugovrati pestić, budući da se njuška nalazi u istoj visini, u kojoj se u drugom cvijetu nalaze prašnice. Kako je ta uredba upravo savršena, dokazuje i to, da je za svaki slučaj zapriječena samooplodnja i onda, ako bi inače bila eventualno moguća. Vrlo se lako naime dogodi, da u kratkovratom cvijetu padne polen na dno cvijeta i pri tome opraši njušku: no da se i to onemogući, nalazimo u jaglaca i različno građenu njušku i polen — t. j. do skrajnosti provedeni dimorfizam u službi alogamije: polen kratkovratoga cvijeta veći je, a njuška je slabo bradavičava, te se veliko polenovo zrno jedva može na njušci prihvatiti, dok je obratno u dugovratom cvijetu polen manji, a njuška je jače bradavičava. Polen kratkovratoga cvijeta udešen je dakle upravo za njušku dugovratoga cvijeta, i obrnuto. Takova dimorfna heterostilija poznata je za plućnjak (*Pulmonaria officinalis*), lanak (*Thesium intermedium*),



Slika 218. Trimorfna heterostilija u cvijetu vrbice *(Lythrum salicaria)*. (Shematički prerez po Knuthu).

heljdu (*Polygonum fagopyrum*), lan crepasti (*Linum perenne*), rebraticu (*Hottonia palustris*), trolist (*Menyanthus trifoliata*), forsitiju (*Forsythia viridissima*) i dr. Još zapleteniji način heterostilije nalazimo u vrbice (*Lythrum salicaria*) i mrazovca (*Colchicum autumnale*). Tu su se razvile tri veličine pestića i prema tome tri tipa cvjetova. (Sl. 218). U prvom se nalaze dugi vratovi, šest srednjih prašnika, a šest kratkih, u drugom šest dugih i šest kratkih prašnika s pestićem srednje veličine; konačno se u trećem nalazi šest dugih i šest kratkih prašnika s kratkim pestićem: oplodnja je moguća samo izmjenično spolovilima, koji su upravo jednake veličine. Takovo oprašivanje zovemo po Darwinu zakonito ili legitimno, a nezakonito je oprašivanje s nejednolikim spolovima. Nezakonito oprašivanje rijetko donosi sjeme, te je takova autogamija moguća samo u skrajnjoj nuždi. Broj danas poznatih heterostilnih cvjetova mnogo je veći nego se isprva držalo, te je taj način oprašivanja prilično rasprostranjen u većega broja biljnih porodica (*Asperifoliaceae, Caprifoliaceae, Caryophylaceae, Colchicaceae, Crassullaceae, Ericaceae, Gentianaceae, Globulariaceae, Iridaceae, Linaceae, Papaveraceae, Plantaginaceae, Polygonaceae, Rubiaceae, Santalaceae, Solanaceae* i dr.)

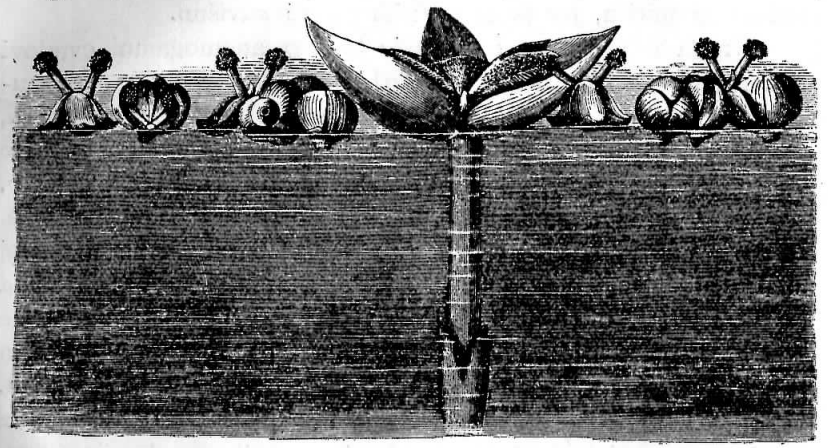
1. Voda služi oplodnji.

(Hidrogamija).

Već smo upoznali, koliko je znatna voda kod oplodnje alaga, mahova i paprati; ona prenosi gibljive muške spolne stanice do jajeta, pa oplodnja može biti samo uz sudjelovanje vode. Što je biljka razvijenija, to se sve više oslobađa od vode i konačno postaje potpuna kopnena biljka. Još smo u nekih golosjemenjača (*Cycas, Macrozamia, Ginkgo*) vidjeli, da se muška spolna stanica giblje, te se prenosi samo vodom, dok se konačno i ta prava hidrogamija kod svih ostalih golosjemenjača i skrovnosjemenjača posve ne izgubi. Namjesto ove prave hidrogamije evo vjetra kao prenosioca muških spolnih stanica (polena), a konačno se na višem stupnju razvitka kasnije još pojavljaju kukci i druge životinje u službi oplodnje. Tek u osobitim slučajevima vraća se opet hidrogamija, i to u vodenoga višeg bilja. Evo jednoga primjera! Češće već spominjana uvijuša ili valisnerka (*Vallisneria spiralis*)

dvodomna je biljka. Ženski su cvjetovi zatvoreni u tobolcima i nalaze se pod vodom, te se istom za cvatnje na dugoj spiralnoj peteljci uzdignu na površinu (Slika 219.), gdje se tad otvore. I muški se cvjetovi nalaze pod vodom, ali za cvatnje se odriješe i uzdignu na površinu. Tu se otvore i na svojim ovojnim listovima plivaju kao na kakovoj lađici. Voda nosi te cvjetove površinom svojom, a pri tome se lako dogodi, da se takov prašnički cvijet sretne s cvijetom pestićkim, i tako se i polen stovari na njušku pestića. Slično se vodom oprašuje i helodeja ili vodena kuga.

No ima i takova bilja, koje se oprašuje pod vodom, n. pr. kod podvodnice (*Najas major*) i voščike (*Ceratophyllum*). Polen ovoga bilja ima takovu specifičnu težinu, da može plivati u vodi,



Slika 219. Oplodnja u uvijuše (*Vallisneria officinalis*). (Kerner).

a neke biljke imaju polen nitasta oblika (*Posidonia, Cymodocea*), pa to još više olakšava plivanje.

2. Vjetar služi oprašivanju.

(Anemogamija).

Dok je hidrogamija, kako smo upoznali, rjeđi pojav, to je oprašivanje vjetrom pojav mnogo češći, te je pače za neke biljne porodice i rodove upravo značajan; to su osobito *Coniferae, Gramineae* i *Amentaceae*. Te biljke zovemo anemogamnima, a sam taj pojav prenošenja polena vjetrom: anemogamijom. Historija bilja (fitopaleontologija) uči nas, da je anemogamija svakako pojav

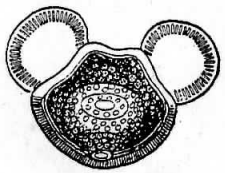
stariji od zoidiogamije, t. j. od oprašivanja kukcima. Prije kredina doba ne nalazimo još nikakovih skrovnosjemenjača, nego samo golosjemenjače, a te su sve anemogamne; a skrovnosjemenjače se pojavljuju u isto doba kada i kukci. No o tome još na drugome mjestu!

Gotovo 15% svih javnocvjetaka jesu anemogamne biljke, koje se pojavljuju ponajviše u velikim zadrugama šumâ i livadâ. Rasprostranjene su ponajviše u umjerenom i arktičnom pojasu, naprotiv se tropske biljke oprašuju ponajviše kukcima.

Anemogamski cvjetovi imaju nekoliko značajnih crta, po kojima ih lako raspoznajemo.

Prije svega su anemogamski cvjetovi obično vrlo neugledni; nijesu lijepi, nemaju obojenih i velikih latica i lapova, ne izlučuju sladora ni mirisa, jer je to za njih posve suvišno.

Druga vrlo znatna oznaka je to, što anemogamni cvjetovi produciraju silnu množinu polena. A to je i posve razumljivo. Milijuni polenovih zrna lebde u zraku, te je upravo prepušteno pukomu slučaju, hoće li koje od tih zrna dospjeti na određeno mjesto, na njušku pestića; što je dakle polena više, to postoji i veća vjerojatnost, da će mali broj ipak izvršiti određenu im zadaću. Jedna jedina resa lješnika *(Corylus Avellana)* raspršuje ne manje od 4 milijuna polenovih zrna, a jedan muški cvat kukuruza pače i preko 50 milijuna. A kolike množine polena stvara istom jedna smrekova šuma! U krajevima, gdje ima silnih smrekovih šuma, n. pr. u Norveškoj, zna se dogoditi, da za cvatnje ima toliko polena, da ga vjetar u silnim mnoštvima odnese na more, koje onda „cvate" posuto žutim prahom. A često se šire i vijesti o „sumpornoj kiši", koja je gdjekamo pala, a u stvari je to kiša polena smrekova ili uopće koniferskoga polena, koju je vjetar donio. K tome pridolazi još i osobito svojstvo anemogamskoga polena, da je neobično lagan. Zrno mu je maleno i glatko, pa se lako rasiplje kao najsitnije brašno. Polenovo zrnje nekojih konifera *(Abies, Picea, Pinus)* ima pače pobočnih mjehurića, koji olakšavaju lećenje u zraku (Sl. 220.). Trave imaju još k tome prašnike udešene tako, da vise na vrlo elastičnim drškima, koje i najmanji vjetrić uzbiba. (Sl. 221.). Slično su udešeni i prašnici šaševa *(Cyperaceae)* i sitina

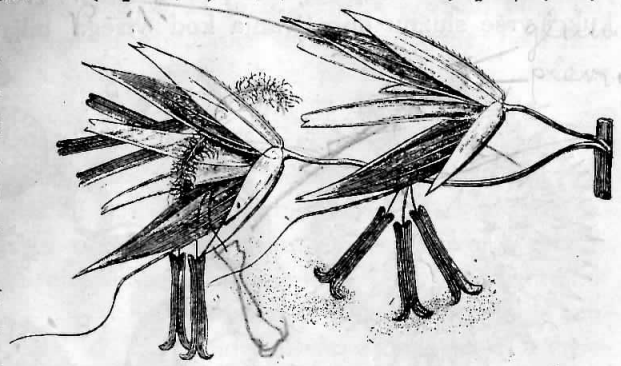


Slika 220. Polenovo zrno jele s mjehurićima za lećenje. (Nathanson).

(Juncaceae). A i cvatovi odnosno rese lješnika, hrasta, bukve, breze, johe, topole i dr., koje su udešene za lakše njihanje.

I pestić anemogamskih cvjetova značajan je time, što njuška pestića ima veliku površinu, i to zato, da se polen lakše prihvati. Njuška je ili poput pločice raširena (u oraha, hrasta ili bukve) ili je opet rasperjata (u trava [Slika 221.] i šaševa). Konifere nemaju nikakve njuške, ali sjemeni zameci izlučuju zato kapljice tekućine, na koju se polen vrlo lako prilijepi.

Značajno je napokon još i to, da mnoge anemogamske biljke, najpače drveta (topola, lješnik, hrast i dr.) procvjetaju prije nego što izbije lišće. I to je u vezi s anemogamijom, koja bi bila prilično spriječena, da je u to vrijeme lišće već razvijeno.



Slika 221. Gibanje prašnika jedne trave *(Arrhenantherum elatius)* kod oplodnje (Po Kerneru).

Mnoge trave imaju osobiti mehanizam cvjetova, koji se za vlažna vremena zatvaraju, a za suha se vremena otvaraju. Nakvašeni se polen drži na okupu u grudicama, te ga vjetar ne može ni raznijeti. I to je dakle osobita prilagodba na raznašanje polena vjetrom.

Anemogamski cvjetovi ponajviše su udešeni za alogamiju, te je autogamija slučaj vrlo rijedak. Zato i vidimo, da je veliki broj anemogamskih cvjetova jednodoman (jela, smreka, bor, bukva, breza, grab, hrast, orah, liješnik i dr.) ili dvodoman (borovica, tisa, hmelj, konoplja itd.), a dvospolni anemogamski cvjetovi (trave, šaševi, brijest i dr.) udešeni su ponajviše dihogamski.

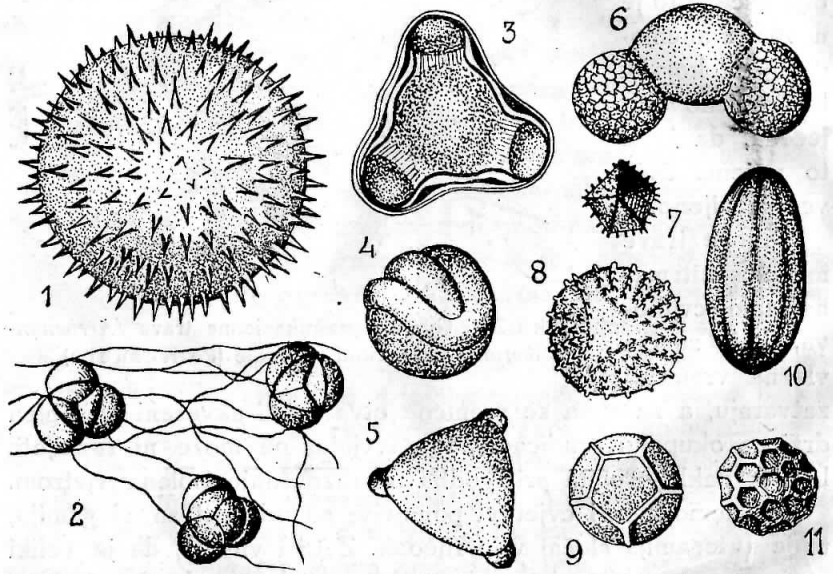
3. Životinje služe oprašivanju cvijeta. (Zoidiogamija).

Najveći broj skrovnosjemenjača pripada rpi bilja, koje se oprašuje uz pomoć raznih životinja; taj pojav zovemo zoidiogamijom. Od životinja imaju u prvom redu kukci tu osobitu zadaću,

da prenose polen, a tek rijetko kada mogu tu službu obavljati ptice, puževi, pače i šišmiši. Prema tome poznajemo entomogamiju, ornitogamiju, malakogamiju i hiropterogamiju. Najznatniji i najzanimljiviji su ipak odnosi kukaca prema cvijeću, koji su često tako blizi, da bismo ih mogli nazvati i simbiozom; zato je vrijedno, da se njima malo duže zabavimo.

Kukci i cvijeće.
(Entomogamija).

Prvi je Josip Koelreuter (god. 1761.) upoznao, da kukci vrše službu oprašivanja kod višega bilja, no zato ipak



Slika 222. Razni oblici polena: 1 *Althea rosea*, 2 *Rhododendron hirsutum* 3 *Oenothera muricata*, 4 *Mimulus moschatus*, 5 *Circaea alpina*, 6 *Pinus*, 7 *Taraxacum officinale*, 8 *Lamiacanthus viscosus*, 9 *Dianthus Carthusianorum*, 10 *Salvia glutinosa*, 11 *Cobaea scandens*.

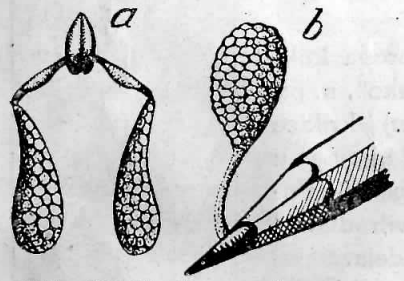
držimo, da je osnivač ove nauke spominjani Christian Conrad Sprengel, koji nam je u svom klasičnom djelu o. „Pronađenoj tajni prirode u građi i oplođivanju cvijeća"[1] pokazao raznolike i zanimljive odnose cvijeća prema kukcima. Dok su

[1] „Das entdeckte Geheimniss der Natur im Bau und in der Befruchtung der Blumen"; Berlin 1793.

se drugi ljudi divili i čudili prekrasnim bojama i obliku cvijeća i uživali u opojnom njihovu mirisu, iznio je Sprengel pitanje: čemu taj oblik, boja i miris? Priroda nije to valjda stvorila samo za užitak čovjeku. Opažajući pak, gdje pčele i drugi kukci marljivo zalaze u cvjetove, pitao je za razlog tome, pa je upoznao, da ima više razloga, radi kojih kukci posjećuju cvjetove. Oni to čine, bilo da pobiru slatki sok ili nektar, bilo opet da se zaklone od vjetra i nevremena, bilo da nađu sebi i svojemu potomstvu gnijezdo i kolijevku. Svi ti „egoistički nagoni" dovode kukce do cvjetova, a da je to cvijeću korisno bilo, dokazuju mnoge i mnoge uredbe, koje služe samo tome, da kukce privabe i privuku u svoje krilo, jer se na taj način i nehotice obavi alogamija.

Evo nekoliko primjera raznolikih entomogamskih uredaba!

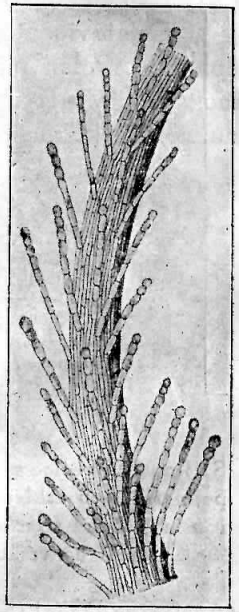
Cvjetovi entomogamskoga bilja udešeni su za što sigurniju oplodnju. Polen nije tu ni lagan ni sitan kao kod cvjetova anemogamskih, nego je obično veći i ima ga u grudicama, jer je nužno, da kukac prenese što više polena. U tim grudicama polenovo je zrnje ili slijepljeno tankim i sitnim nitima, n. pr. u vrbolike *(Epilobium angustifolium)* u pupoljke *(Oenothera biennis)* i alpske ruže *(Rhododendron hirsutum)*, ili je često bodljikavo, te se međusobno lakše prihvaća, kao u sljezova *(Malvaceae)* (Sl. 222.) i zvončika *(Campanulaceae)*; a ima i takovih slučajeva, gdje se polen drži u posebnim vrećicama, koje zovemo polinije, a imaju ih kačunovice *(Orchideae)* i svilenjače *(Asclepiadaceae)* (Sl. 223.). Ako u cvijet kačuna turimo vrh olovke, to će se na vrhu prilijepiti vrećice polena na posebnom držku. Isto se dogodi i kukcu, koji zarine glavu u taj cvijet. Polinije se prilijepe na glavu i kukac ih tako prenese u drugi cvijet.



Slika 223. Vrećice sa polenom t. zv. polinariji *a* u asklepije *(Asclepias)* i *b* u kačuna *(Orchis)* izvađen sa cvijeta na vršku olovke.

Glavni razlog, radi kojega kukci posjećuju cvjetove, jest slatki sok t. zv. nektar, koji izlučuju posebne žlijezde u cvijetu, nektariji. Sprengel je rekao, da je nektar u cvijetu ono,

što pero u uri. Nektariji se nalaze u obliku epidermnih žljezdanih organa, bilo na laticama ili lapovima, bilo na prašnicima, bilo na pesticu. U visibabe se nalaze nektariji na unutarnjoj strani perigonskih listova među zelenim uzdužnim crtama, u usnjača su sakriveni na mesnatoj podini plodnice, a u štitaraka su izloženi poput jastučića na plodnici. U žabnjaka (*Ranunculus*) nektariji su malene udubine pri dnu latica, a tako isto i u krstašica (*Cruciferae*). Nektar, koji ovi nektariji izlučuju, ponajviše je glukoza (grožđani slador) ili saharoza (trskin slador). Količina izlučenoga nektara prilično je malena, a tek u nekoliko slučajeva (*Agave* i *Melianthus*) tolika, da ispunjuje cijelo cvjetno dno. Često je nektar i sakriven duboko u cvijetu, n. pr. u „ostrugama" pakujca (*Aquilegia*) i kokotića (*Corydalis*), pa u dimarke (*Fumaria*) i zijevalice (*Antirrhynum*). U cvjetovima, koji imaju nektar sakriven, na laticama nalazimo osobitih točkica i obojenih crtica, a služe „kazalom" kukcima, koji traže nektar; upravo pak udara u oči, što ovih oznaka nema u cvjetovima s otvorenim nektarijem.



Slika 224. Hranive dlake na držku prašnika od *Anagallis arvensis*. (Migula.)

Mjesto nektara služe kao hrana kukcima često i osobite „hranive dlake", n. pr. na prašnicima divizme (*Verbascum*) i krikice *(Anagallis arvensis)* (Slika 224.), pa u „ostruzi" tustice *(Pinguicula alpina)*. Ponajviše nalazimo takovih „hranivih dlaka" mjesto nektara kod tropskih orhideja.

Za hranu kukcima služi često i sam polen. Posve je razumljivo, da takova polena treba da ima u cvijetu mnogo, tako da je oplodnja ipak moguća uza sve to, što ga najveću čest kukci pojedu. Takovi „polenovi cvjetovi" u maka, ruže, divizme i dr. — imaju vrlo mnogo polena. Pčele i bumbari sabiru ovaj polen, da od njega prave vosak za saće, a muhe i kornjaši upravo ga jedu.

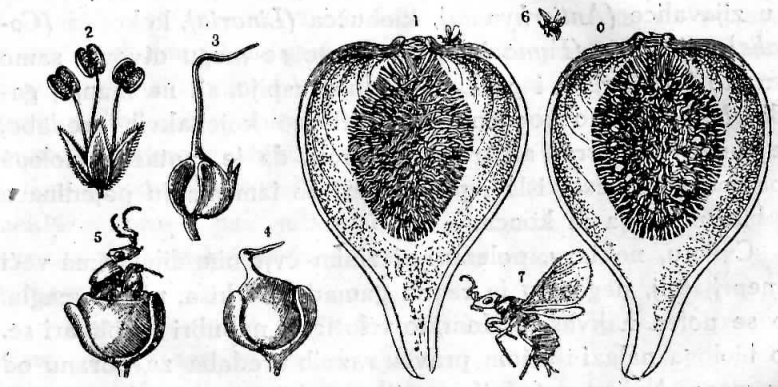
Dok ima u cvijetu toga blaga, nektara i polena, nije čudo, da razni nepozvani gosti — kornjaši, mušice i mravi — nastoje

to blago oteti, a to ne bi bilo na korist cvijetu. Ovi nepozvani gosti znadu naime i uništiti cijeli cvijet. A što vidimo? Na cvijetu ima kojekakovih uredaba za obranu od tih nezvanih gostiju. Evo: ljepljiva drijemina *(Lychnis Viscaria)* ima dlakavu i ljepljivu stabljiku; na njoj uvijek nalazimo kukčića i mušica, koji su svoj uspon u cvijet platili glavom. A češljuga *(Dipsacus)* ima dlakavu stabljiku, a na svakom koljencu još i sraslo lišće, pa ovo tvori jamu, u kojoj ima uvijek vode, a to je nepromostiva zapreka za uspon kukaca. Vrbe *(Salix daphnoides* i *pruinosa)* imaju vrlo glatkih cvjetnih stapaka, te se kukci i ponajviše mravi prije okliznu i padnu. Ima pak i takovih cvjetova, koji ostaju zatvoreni — n. pr. u zijavalice *(Antirrhynum)*, klobučca *(Linaria)*, kokotića *(Corydalis)*, dimarke *(Fumaria)* i dr. —, te se mogu otvoriti samo silom; to bumbarima i pčelama doduše uspije, ali ne manjoj gamadi. Mogli bismo konačno nabrojiti još kojekakvih uredaba, koje služe istoj svrsi, ali treba istaknuti, da je fantazija biologâ u tom pogledu često išla i predaleko, te izmišljanju pojedinaca nije bilo ni kraja ni konca.

Cvijetu, nektaru, polenu i njezinim cvjetnim dijelovima veći još neprijatelj, nego što je razna gamad, jest kiša, rosa i magla. Ako se polen nakvasi vodom, to vrlo lako nabubri i pokvari se. Oko biologa nalazi i u tom pravcu raznih uredaba za obranu od nevremena. Najjednostavnija zaštita od kiše jest to, da cvjetovi vise prema tlu, n. pr. u visibabe, đurđice, kockavice (*Fritillaria meleagris*), gorskoga ljiljana (*Lilium carniolicum*), sremze (*Prunus Padus*), vrijesa (*Calluna*), velebilja (*Atropa Beladonna*), naprstka (*Digitalis*), zvončike (*Campanula*) i mnogih drugih cvjetova. Često je već i položaj cvjetnih organa takov, da je polen dosta zaštićen. Tako su n. pr. u lepirnjača prašnici i pestić zajedno s nektarijem sakriveni u „lađici", a u usnjačâ služi gornja usna kao krov, pod kojim se nalazi polen. Kod krasne žute glavičarke (*Trollius europaeus*), koja resi naše alpinske livade, štite polen one latice, koje su se poput krova nadvinule nad prašnicima. Ima i cvjetova, koji zaštićuju polen od vlage samo onda, kada to treba. Tako mnoge biljke zatvaraju cvjetove za kišovita vremena n. pr. šafran (*Crocus*), mrazovac (*Colchicum*), tulipan (*Tulipa*), ptičje mlijeko (*Ornithogallum umbellatum*), batuška (*Gagea lutea*), zlatica (*Ranunbulus Ficaria*), šumarica (*Anemone nemorosa*), jetrenka (*Hepatica*

triloba), mak-turčinak (*Papaver Rhoëas*), režuha (*Cardamine pratensis*), divlja ružu (*Rosa canina*), sirištara (*Gentiana cruciata*), slak (*Convolvulus sepium*), čestoslavica (*Veronica chamaedris*) i mnoge druge. Ove se biljke ne zatvaraju samo za vlažna i kišovita vremena, nego i noću — pojav, koji smo već upoznali kao „biljni san".

Ima na posljetku slučajeva, u kojima cvijet služi kao stan i zaklon za podmladak kukaca, a to nije štetno cvijetu, nego upravno korisno za oplodnju ili oprašivanje cvijeta; tu se pače odnos entomogamije razvio do potpune simbioze. Taj slučaj imamo u cvatu smokve.[1]



Slika 225. *0* i *1* Cvatovi smokve u presjeku, *2* prašnički cvijet, *3* pestićki cvijet, *4* šiškin cvijet, 5 osa izlazi iz šiške, *6* i *7* osica *(Blastophaga grossorum)*. (Po Kerneru).

Ono, što obično nazivamo smokvinim plodom, to je doista cijeli cvat, u kome se, kada dozri, nalazi bezbroj sjemenaka. U cvatu se nalaze tri vrste cvjetova: muški cvjetovi sa tri prašnika, ženski cvjetovi sa pestićem, još osobiti ženski cvjetovi sa zakržljalim pestićem (Slika 225). U plodnici ovoga zakržljaloga pestića žive ličinke osice, koju možemo zvati „smokvinom osicom" *(Blastophaga grossorum)*; to su dakle nešto kao cecidije ili šiške. Osica dobije dakle u tim cvjetovima stan za svoj podmladak, a za uzvrat obavlja prenos polena iz jednoga cvata u drugi. Poznato je, da smokva cvjeta obično tri puta na

[1] Vouk V.: Novija istraživanja o biologiji smokve. Glasnik hrv. prirod. društva. God 1915.

godinu, ali se u tome razlikuje pitoma smokva od divlje. Pitoma smokva stvara naime cvatove, koji su u sve tri generacije mogu jesti, jer nemaju ogavnih osica i njezinih ličinaka, kao što ih ima divlja smokva ili t. zv. „kaprifikus". U južnoj Italiji, a i drugdje oko Sredozemnoga mora, znali su narodi već davno, da pitoma smokva daje zreo plod sa sjemenkama samo onda, ako ima blizu nje koja divlja smokva. Zato se još i danas u tim krajevima obavlja tako zvana „kaprifikacija" smokava, naime da se grana kaprifika, koja se baš nalazi u cvatu, priveže uz drvo pitome smokve. Danas znamo, da osica, koja živi u kaprifiku, izašavši napolje ponese sa sobom polena i onda ga prenese u pitomu smokvu, gdje obavi oplodnju. Švicarski botanik Tschirch s učenikom svojim Ravasinijem proučio je biologiju smokve u tančine, te danas potpuno znamo odnos osice prema trima generacijama cvijeta kod smokve. Evo u čemu je to!

Prije svega valja dobro razlikovati pitomu smokvu (*Ficus Carica β domestica)* od kaprifika *(Ficus Carica α Caprificus,* a od ovih opet napose divlju prasmokvu *(Ficus Carica Erinosyce).* Divlja prasmokva raste još gdjegdje po ogradama i zapuštenim vrtovima, te cvate tri puta na godinu. Prve proljetne cvatove zovu u Italiji „profichi", a u njima se nalaze samo muški prašnički cvjetovi i osice šiške. Dakako da te smokve nijesu za jelo. Drugi put cvate smokva u ljeti, a ti cvatovi, „fichi", imaju samo pestićke ili ženske cvjetove, te su prema tome jestivi, jer nemaju osice. Treća se generacija razvija jeseni i zimi, a to su „mamme", u kojima se nalaze samo šiške. Ženske osice imaju krila, u proljeće izlete iz mamma i to upravo onda, kada se profiki već razvijaju. Lijetajući neko vrijeme unaokolo uđu osice kroz uski otvor profika i snesu jaja u šiškine kratkovrate cvjetove. Time su ženke izvršile svoju zadaću, izlete opet napolje i, pošto su neko vrijeme lutale, uginu. Iz jaja u šiškama razviju se što ženke, što mužjaci. Mužjaci se razviju nešto prije nego ženke, pregrizu šišku, ali nemajući krila ne izlete napolje, nego ostanu u cvatu. Tu nagrizu šiške, u kojima se nalaze ženke, te ih još u šiški oplode. Izvršivši tako svoju životnu zadaću uginu mužjaci u cvatu, a da nijesu ni vidjeli sunca. Oplođene ženke izmile sada napolje, i to baš u doba, kada su prašnički cvjetovi, koji se nalaze pri ušću („ostiolum") cvata, upravo dozreli. Osice, izlazeći

kroz uski otvor napolje, opraše se i nehotice polenom, a izašavši napolje prva im je zadaća, da potraže nove cvjetove, u koje bi snesle jaja. U to su se već razvili fiki. No u njima je osicama posao posve uzaludan, jer se tu nalaze samo ženski cvjetovi, a žalac osice prekratak je za dugi vrat pestića, i one izađu napolje, ne obavivši svojega posla; no zato su obavile sporednu zadaću i prenesle polen na njuške pestića. Osice sada čekaju do jeseni, kada se razviju šiške u trećoj generaciji, a tu onda opet snesu jaja u šiškaste cvjetove. Sad se tu opet događa isto, što u profikima; oplodnja se osice u šiški ponavlja, mužjak pogine, a ženka u proljeću izleti. U svemu postoje dakle tri generacije smokve, a dvije generacije osice. Ovaj osobiti odnos osice prema smokvi zovemo simbiotskom entomogamijom u vezi s tipskom monekičnom diklinijom. Od ove divlje smokve razvile su se divlja smokva i kaprifikus; no kako se to zbilo, nije nam poznato. Sigurno je tek to, da se zbilo kulturom od neznana vremena. Čovjek se naime nije zadovoljio samo jednim jestivim plodom u godini, nego je uzgojio smokvu, od koje su sve tri generacije jestive, a uporedo s time i smokvu, koja u sve tri generacije ima i osice i šiške, kako to ima kaprifikus. Kultura je tako izvela jedan od najdivnijih pokusa upravo na nevidljivi način. Ovo sve, što se ovdje opisalo, vrijedi dakako za prilike u Italiji, gdje se to pitanje proučilo, a po svoj će prilici vrijediti i za Dalmaciju, hrvatsko primorje i otoke, gdje istraživanja treba još provesti.

Sličnu simbiotsku entomogamiju nalazimo i kod juke *(Yucca gloriosa)*, koja potječe iz Amerike, a sadi se i u nas u nasadima. Oprašivanje obavlja u cvijetu juke s najvećom brižnošću jedna vrsta moljca *(Pronuba yuccasella)*, koji pače sabire polen i načini od njega grudicu, pa je odnese baš na samu njušku. Ličinke se moljca razvijaju u plodnici, odakle izađu van i spuste se na zemlju, gdje se preko zime zakukulje. Moljac se iz kukuljice razvije opet u doba, kada se otvori i cvijet juke.

A. Boja, oblik i miris cvijeta vabi kukce.

Odnos bilja prema kukcima postaje to zanimljivijim, što se u cvijetu nalaze razne odredbe, koje služe tome, da kukca na bilo koji način privuku u svoje krilo. Cvijetu je — sit venia verbo — mnogo do toga, da ne ostane bez posjeta kukaca. O tome nas upućuje osobiti izgled entomogamskih cvjetova. Osobito velike, često mnogobrojne latice svih živih boja, a k tome i osobiti miris služe po mnijenju biologa kao uredbe za privabljivanje kukaca. To je već upoznao i osnivač nauke o biologiji cvijeta Sprengel. Boja je cvijeta, čini se, najznatnije sredstvo za privabljivanje kukaca. U tome je upravo velika razlika između anemogamskih i entomogamskih cvjetova. Ne samo latice preuzimaju svojom osobitom bojom tu zadaću, nego i pricvjetni listovi, n. pr. crvena boja tih listova poljske urodice *(Melampyrum arvense)*, plava ili ljubičasta šumske urodice *(Melampyrum nemorosum)*, ružičasta ili ljubičasta boja jedne kadulje (*Salvia sclarea*), zlatno-žuta smilja (*Helichrysum arenarium*). Ovaj pojav, da pricvjetni listovi preuzimaju ulogu obojenih vabila laticâ, upravo je značajan za neke biljne porodice, n. pr. za mlječike (*Euphorbia pulcherrima, polychroma, splendens, variegata*), sucvjetke (*Cirsium spinosissimum, Gnaphalium Leontopodium, Carlina acaulis*), svibovine (*Cornus florida, suecica*), štitarke (*Astrantia, Eryngium*) imaju često i prašnici i pestići osobito izrazite boje, koje služe kao vabila. Crvene prašnike imaju n. pr. glog (*Crataegus oxyacantha*), pelargonija (*Pelargonium zonale*), divlji kostanj (*Aesculus Hippocastanum*), divizma (*Verbascum nigrum*), aptovina (*Sambucus Ebulus*), i dr., a upravo izrazito plave ili ljubičaste prašnike imaju vredovac (*Thalictrum aquilegifolium*), ždralica (*Geranium pratense*), lan (*Linum usititatissimum*), fuksija (*Fuchsia*), lisičina (*Echium vulgare*) i dr. Pestić je rijetko kada udešen za vabilo, n. pr. izobličena i razgranjena njuška u perunike (*Iris*).

Često pak i cijeli cvat u obliku štita, glavice ili grozda preuzima funkciju vabila. pa ima i slučajeva, gdje u cvatu među cvjetovima nastaje dioba rada, te jedni, i to osobito oni na rubu, imaju ugledne i obojene latice ili lapove, služeći kao vabilo, dok oni središnji služe samo rasplodu. Kao primjere navodim šibikovinu (*Viburnum opulus*) i hortenziju (*Hydrangea hortensis*), pa osobiti slučaj kod preslice (*Muscari comosum*), gdje su vršni cvjetovi u cvatu neplodni ali su zato obojeni upravo izrazito modro ili ljubičasto.

Ovo nekoliko primjera dostaje, da se pokaže, kako je priroda upravo neiscrpiva varijacijama svojega zadatka. To nas

uvjerava o tome, da su osobiti oblik i boja cvijeta prilagodbe na oprašivanje kukcima. No pravi se biolog ne smije zadovoljiti samo tvrdnjom; njemu valja tu tvrdnju i dokazati. Dokazati se takova tvrdnja može samo pokusom, a tim su smjerom išla i sva novija istraživanja (Plateau, Giltay, Andreas, Forel, Lovel i dr.). Prvi su pokusi postavljali u prirodno polje među ostalo cvijeće i umjetne cvjetove od obojena papira ili su pak kušali zavarati pčele zrcalom. Ovi su pokusi donijeli oprečnih zaključaka, te se je činilo, da je potrebno ispitati stvar točnije. U najnovije su se doba provodili opsežni pokusi u tome pravcu, ali i opet s različnim uspjehom, tako da se razvio upravo žestok boj u naučnom svijetu, kojemu su na čelu stajali Hess i von Frisch.[1] Hess je ustvrdio, da pčele ne razlikuju boje, nego da mogu razlikovati samo jasnoću svijetla. Ako je tome tako, to pada cijela Sprengelova nauka. Frisch je pak nedvoumno dokazao, da se pčele dadu upravo priučiti na to, da raspoznaju modru, ljubičastu a i žutu boju, a to je kao da „vide i raspoznavaju" boje. Pokusi, da se pčele priuče crvenoj boji, upravo za čudo nijesu uspjeli, a po tom je Frisch opravdano sudio, da su pčele slijepe za crvenu boju. Sljepoća pčela za crveni dio spektra nalazi donekle potvrdu i u prirodi, jer i biolozi Hermann Müller i Kerner von Marilaun spominju, da pčele osobito vole modre i ljubičaste cvjetove, a za crvene manje mare. Znamo po iskustvu i to, da crvene cvjetove posjećuju poglavito leptiri. Frisch je pače pokazao, da pčele mogu raspoznavati i neke oblike. Sva ova istraživanja, koliko još nijesu prijeporna, vrijede danas još samo za pčele, te se ne mogu onako naprečac generalizirati. U novije je doba pravio slične eksperimente F. Knoll u južnoj Dalmaciji proučavajući muhu bumbaricu (*Bombylius fuliginosus*) i njezin odnos prema cvijeću, a naročito prema preslici (*Muscari racemosum*). I ovi su pokusi odlučili u korist Sprengelove nauke.

Miris cvijeta vrijedi istom u drugom redu kao vabilo za kukce. Ima doduše slučajeva, gdje je miris znatnije vabilo nego boja. Tako n. pr. ima kopitnjak (*Asarum europaeum*) neugledne cvjetove, koji su sakriti pod lišćem gotovo u samoj zemlji, ali zato odaju osobiti miris po strvini, a to privabljuje neke muhe.

[1] Vouk V.: Problem o pčeli i cvijeću. Nastavni Vijesnik, Knj. XXIV.

Miris cvijeta potječe ponajviše od eterskih ulja, koja se nalaze ponajviše u laticama u razmjerno vrlo malenim količinama, a ishlapljuju osobito za cvatnje. Po Kirchneru daje 1000 kilograma svježih ruža samo 750 grama ružina ulja, a jedan kilogram jasmina samo 0·4—0·5 grama eterskog ulja. Ova ulja mnogo bolje mirišu razrijeđena, nego li koncentrovana. Mirisi cvjetova nijesu nama uvijek ugodni, te ima takovih, koji upravo „smrde" po raznim neugodnim zadasima, po gnjiloći i strvini. Osobito poznati smrdljivi cvjetovi su n. pr.: kozlaci (*Arum*-vrste), *Aristolochia grandiflora, Aristolochia foetens, Stapelia, Raflesia*, popova kapica (*Evonymus verrucosus*), lastavina (*Cynanchum nigrum*). Delpino razlikuje uopće sve cvjetne mirise na simpatične i idiopatične. Simpatični su mirisi n. pr. jasmin, narcisa, rezeda, zumbul, lopoč, ljubica, glog, naranča i t. d., a idiopatični su: bazag, luk, rutvica, mak i t. d. Kerner pak razlikuje mirise po kemijskim svojstvima na pet rpa: mirisi indoloidni, benzoloidni, aminoidni, parafinoidni i terpenoidni.

Da miris cvijeta doista služi kao vabilo za kukce, danas je samo tvrdnja, koja je doduše vrlo vjerojatna, ali bi zanimljivo bilo i dokazati ovu tvrdnju pokusima.

B. Biologijska klasifikacija cvijeća.

Već smo imali prilike upoznati razne tipove entomogamskih cvjetova. Jedni imaju osobito razvijen oblik, drugi opet miris, treći polen i t. d.; u svakome se prilagodbe na oprašivanje kukcima nalaze na drugom stupnju razvitka. Nadalje dolaze kod jednih u obzir kao prenosioci polena opnokrilci (*Hymenoptera*), kod drugih leptiri (*Lepidoptera*), kod trećih dvokrilci (*Coleoptera*) i polukrilci (*Hemiptera*). Uzevši sve te momente u obzir postavio je Hermann Müller biologijski sustav cvijeća od dvije rpe sa osam razreda.

I. Cvijeće sa polenom i nektarom, prilagođeno na šire kolo kukaca.

1. Polenovo cvijeće.
2. Cvijeće s općeno pristupačnim nektarom.
3. Cvijeće s djelomično sakrivenim nektarom.
4. Cvijeće s potpuno sakrivenim nektarom.
5. Zadružno cvijeće.

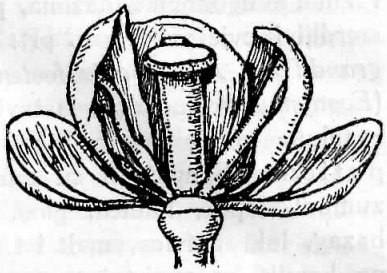
II. Cvijeće, prilagođeno specijalnomu kolu nekih kukaca.

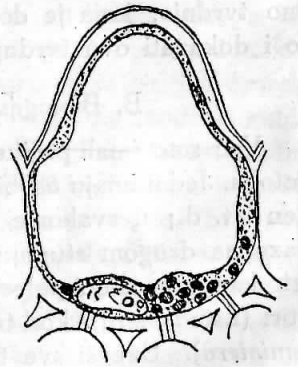
6. Cvijeće muhâ (Diptera).

7. Cvijeće pčelâ (Hymenoptera).

8. Cvijeće lepirâ (Lepidoptera).

1. razred. Polenovo cvijeće ima vrlo malo nektara ili ga uopće nema, a polena ima toliko, da — kako kaže Migula — i kod dobra glada ostane još uvijek dosta za oprašivanje drugih cvjetova. Ovome razredu pripadaju mak, ruža, divizma, šumarica i druge mnoge biljke s velikim brojem prašnika; kod nekih savršenije građenih cvjetova prašnici su pače podijelili uloge među sebe: jedni služe kao vabilo i hrana, a drugi za oprašivanje. Ovaj se pojav naziva heteranterija. Takove heteranterne prašnike ima n. pr. *Tradescantia coelestis*, zvana „božje oko", koja se goji i u vrtovima, a ima tri gornja prašnika kraća, koja služe kao vabilo i hrana, a tri su donja prašnika duža, te služe oplodnji.



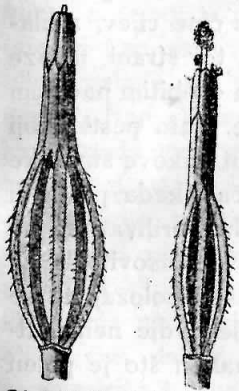


Slika 226. Cvijet žutike *(Berberis vulgaris)* s osjetljivim i gibljivim prašnicima, Gore cvijet u prorezu, dolje osjetljiva stanica sa prašnika. (Kirchner).

2. razred. Cvjetovi su građeni tako, da kukci, muhe, ose i kornjaši mogu i bez kažiputa vrlo lako naći nektar. U ovaj razred brojimo cvjetove štitaraka (*Umbelliferae*), kamenika (*Saxifragaceae*), nekojih ruža (*Rosaceae*), mlječikâ *Euphorbiaceae*), pa šimšira (*Buxus*), krkovine (*Rhamnus*), bazge (*Sambucus*), javora (*Acer*), lipe (*Tilia*), vesike *Anthericum*) i t. d.

3. razred. Cvjetovi ovoga razreda građeni su aktinomorfno ili radijarno, a to znači, da svaka u radiju postavljena ravnina razdijeli cvijet na dvije simetrijske polovice. Nektariji su obično

prekriveni dlakama, tako da se izvana ne mogu lako opaziti. Boja je cvjetova bijela, žuta i crvena, samo nije modra, a posjećuju ih muhe i opnokrilci s kratkim rilom. Ovamo broje: vrbu (*Salix*) petoprstac (*Potentilla*), kruška (*Pirus communis*), dunju (*Cydonia japonica*), kaljužnicu (*Caltha palustris*), kameniku (*Saxifraga rotundifolia*), babji tobolac (*Sedum*), čuvarkuću (*Sempervivum*), mišjakinju (*Alsine verna*), neke krstašice i dr. I cvjetove žutikovine (*Berberis vulgaris*) (Slika 226.) vrstamo u ovaj razred, a radi osobite zanimljivosti možemo ih napose prikazati. — Cvijet žutikovine ima na unutarnjoj strani svake od šest latica po dva žljezdasta nektarijâ. Među ovim nektarijama leže prašnici, koji su na dodir osjetljivi ili, kako fiziolozi kažu: prašnici su tigmotaktni. Ako se kojim predmetom dotaknemo filamenta s unutarnje strane, naglo skoči i udari prema pestiću; to se isto dogodi, dođe li muha u cvijet i zarije li rilom u nektarij, pa se i nehotice prašnika dotakne. A time je uspjeh tu: prašnik se opraši na muhi, a ona prestrašena odleti i prenese polen u drugi cvijet upravo na njušku pestića. Haberlandt je našao, da je unutarnja strana filamenta prekrivena dlakama, koje služe kao organi za primanje dodirnoga podražaja. Te su dlake po mnijenju Haberlandtovu pravi „mehanički osjetilni organi".



Sl. 227. Prašnici različka *(Centaurea jacea)*: lijevo nepodraženi; desno podraženi s izdignutim polenom.

4. razred. Cvjetovi su ovoga razreda građeni za alogamiju savršenije. Osobito često nalazimo protandriju ili protoginiju. Oblik cvijeta pokazuje početke zigomorfije. Posjetioci su muhe, pčele i leptiri, a boja je cvjetova raznolika, ali ponajviše bijela i žuta. Osim dihogamije ima i heterostilije. Primjeri su: potočnica (*Myosotis palustris*), likovac (*Daphne*), *Linnea borealis*, pavenka (*Vinca minor*), *Forsythia suspensa* sa heterostilijom, ždralovnice (*Geranium*-vrste), vrbolika (*Epilobium angustifolium*), materinka (*Thymus vulgaris*), crni kukurijek (*Helleborus niger*), divlji kostanj (*Aesculus Hippocastanum*), čestoslavica (*Veronica*), vrijes (*Calluna*) i t. d.

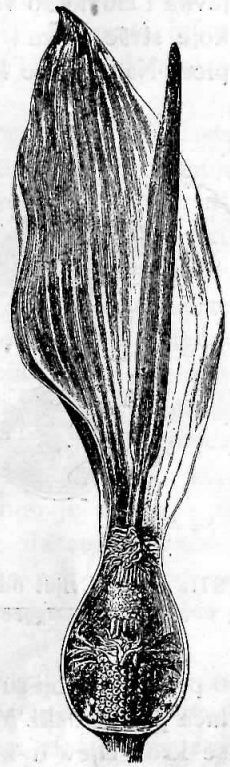
5. razred. U ovoj su rpi glavičasti cvatovi, kakove imaju češljuge (*Dipsacaceae*) i sucvjetke (*Compositae*). Svaka cvjetna

glavica čini zadrugu cvjetova, koji su među sebe razdijelili uloge: cvjetovi na rubu preuzeli su obično ulogu obojenoga vabila, a središnji služe oplodnji. Takovi su n. pr. u vodopije (*Cichorium Intybus*), volujskoga oka ili ivančice (*Chrysanthemum leucanthemum*), tratinčice (*Bellis perennis*) i mnogih drugih biljaka iz porodice sucvjetaka. Dogodi se katkada, da i pricvjetni listovi služe kao obojeno vabilo (n. pr. *Cornus suecica*), pa cijeli cvat izgleda kao jedan jedini cvijet. Nektariji su kod cvjetova ove rpe ponajčešće dobro sakriveni. — I u ovome razredu ima jedan zanimljivi slučaj, gdje se oprašivanje biva gibanjem prašnika. To je različak (*Centaurea jacea*) (Slika 227.) i neke druge vrste istoga roda. Prašnici su različka srasli s prašnicama, te ove čine cijev, a filamenti su njihovi slobodni i van izbočeni. Na toj strani nalaze se „osjetilne dlake", koje se na lak dodir stanu osobitim načinom gibati, i to: naglo se stežu i skraćuju prašnike. Zato pestić, koji se vrškom svojim nalazi u cijevi prašnika, poput kakove štrcaljke istisne polen van. Polen se izbacuje u onaj čas, kada pčela ili bumbar traži u cvijetu nektar. Izbačeni polen prihvati se na dlakavi zadak kukca. Polen se izbacuje upravo časovito, a za jednu uru povrate se prašnici u svoj prvašnji položaj, te se isti pojav može ponoviti više puta. Autogamije ovdje nema nikako, jer njuška na pestiću izraste istom nakon što je polen izbačen.

Značajno je za tipove ove vrste i to, da ima diklinije u svim varijacijama (ginomonecija, andromonecija, dijecija, monecija). Kod runolista (*Gnaphalium Leontopodium*) ima pače i sterilnih cvjetova, u kojima se nalazi samo nektarij.

6. razred. Cvjetovi ovoga razreda imaju već nekih posebnih prilagodaba na oprašivanje s dvokrilcima, ali se organizacijom tih prilagodaba među sobom razlikuju. Od dvokrilaca dolaze u obzir poglavito razne muhe. To su ili sitne mušice, koje lebde u zraku (*Syrphidae*) — a pri tome sišu med i jedu polen, a da i ne sjednu na cvijet —, ili su neke druge muhe (*Empis*-rod, *Bombylidae*,), koje sišu samo med. Kao tip cvjetova, koje oprašuju *Syrphidae*, spomenimo čestoslavicu (*Veronica Tournefortii*) i bahornicu (*Circaea lutetiana*). Cvjetovi su inače zrakasto ili radijarno građeni, zigomorfija je jedva vidljiva, a nektariji jedva se vide.

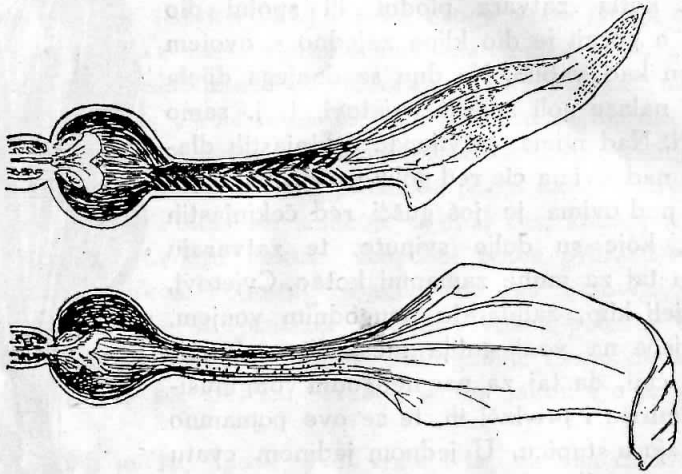
Muhe privlači osobito neugodni vonj mnogih cvjetova, kao: čemerike (*Veratrum album*), kopitnjaka (*Asarum europaeum*), gloga (*Crataegus oxyacantha*) i dr. Neke biljke ovakovim „idiopatičnim mirisima" privabljuju mušice u stupice, kojih ima u cvijetu. Najljepši primjer takovih cvjetova sa stupicama je naš obični kozlac (*Arum maculatum, conocephaloides, italicum* i dr.) (Slika 228.). Na onom klipu, koji je obavijen ovojnim listom, nalazi se cijeli cvat. Ovojni je list na donjem dijelu uži, te je cvat razdijeljen na dva dijela; donji dio poput kotla zatvara plodni ili spolni dio klipa, a gornji je dio klipa zajedno s ovojem udešen kao vabilo. Na dnu se donjega dijela klipa nalaze goli ženski cvjetovi, t. j. samo pestići. Nad njima je vijenac čekinjastih dlaka, a nad ovima cio red golih prašničkih cvjetova; nad ovima je još gušći red čekinjastih dlaka, koje su dolje svinute, te zatvaraju ulaz u taj za muhe zamamni kotao. Cvjetovi, a i cijeli klip, zaudaraju neugodnim vonjem, koji sjeća na vonj gnjila mesa ili mokraće, ali se čini, da taj za nas neugodni vonj mušicama miriše i privlači ih, te se ove pomamno zalijetaju u stupicu. U jednom jedinom cvatu našlo se preko 2.000 tih mušica ponajviše roda *Psychoda* (osobito *P. phalaenoides*). Cvjetovi su protoginski, t. j. dozre ženski cvjetovi prije nego muški. Kad mušice uđu u onaj kotao, lete najprije okolo po unutarnjosti; mnoge izađu iz stupice, ali istom onda, kad polen u prašničkim cvjetovima dozri. U isto doba uvehnu naime i one čekinjaste dlake, koje zatvaraju stupicu, te mušica lako uteče, ali se pri tome i nehotice naprši polenom. Tako naprašena dođe u drugi cvat, u kojem su pestići istom dozreli. Oni izlučuju nektar, koji mušice liže, ali pri tome obave oplodnju stovarivši polen na njušku. Veliki broj mušica doduše pogiba u ovoj stupici, ali se mnoge ipak spase. Među tropskim



Slika 228. *Arum conocephaloides.* Cvat u prorezu. (Kerner).

vrstama kozlaca ima ih silno velikih; kao *Amorphophallus titani*, koji ima kotao dubok 1 metar, a klip je visok 1½ metra. Cvjetovi tih aroideja zaudaraju za cvatnje na daleko.

I porodica vučjakinja iii aristolohija (*Aristolochiadae*) ima cvjetove udešene kao stupice za muhe. Cvjetovi kokotinje (*Aristolochia clematitis*) (Slika 229.) cvjevasti su, a pri dnu su okrugli i rašireni u kotao. Na gornjem je kraju cijev rašírena poput lijevka i služi kao vabilo. Unutarnji dio cijevi prekriven je dlakama, koje strše prema dnu zatvarajući cijev poput kakove mišje stupice. Na dnu se kotla nalaze spolni organi, pestić sa njuškom i



Slika 229. Cvijet od kokotinje (*Aristolochia clematitis*). Cvjetovi u prorezu: gore prije oplodnje, dolje poslije oplodnje.

6 prašnika, koji su sa pestićem srasli. Cvjetovi su kao i kod kozlaca protoginski. Male mušice (ponajviše vrsta *Ceratopogon*) uvuku se kroz cijev u kotao, ali ne mogu više van, jer im to priječe one dlake. Istom kada polen dozri, osuše se one dlake i mušice naprašene polenom mogu izletjeti van. Zašavši u drugi cvijet, donesu sa sobom polena i opraše njušku. Za naplatu za taj posao nalaze mušice u cvijetu nektara, ali mnoge i smrt kao i kod kozlaca.

7. razred. U ovaj se razred vrstaju cvjetovi za opnokrilce, od kojih su najznatniji bumbari i pčele. Cvjetovi su raznoliki i bojom i građom, a polen su i nektar obično sakriveni, te ih nađu

samo inteligentne pčele. Pače i pčele i bumbari imaju radi sabiranja polena osobito udešene noge, te je međusobna prilagodba cvjetova kukcima i obrnuto dosegla ovdje svoj vrhunac. Razlikujemo više tipova cvjetova, od kojih su jedni udešeni za pčele, drugi za bumbare, a treći za ose.

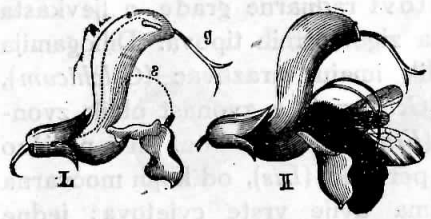
a) Uskocjevasti cvjetovi radijarne građe udešeni su tako, da posjetioci mogu samo rilom doprijeti do nektara. Ovamo brojimo preslicu (*Muscari comosum*), krivošiju (*Lycopsis*), volujak (*Anchusa*), biserku (*Lithospermum*), plućnjak (*Pulmonaria officinalis*), mišjak (*Cynoglossum*), heterostilne jaglace (*Primula*) i mnoge druge.

b) Širokocjevasti cvjetovi radijarne građe, a ljevkasta ili zvonasta oblika. Rjeđe ima zigomorfnih tipova. Dihogamija je vrlo obična. Ljevkast oblik imaju mrazovac (*Colchicum*), ovčica (*Narcissus*) i širištara (*Gentiana*), a zvonast oblik zvončika (*Campanula*) i kockavica (*Fritillaria*). Osobitu, ali i prilično zapletenu građu cvijeta imaju perunike (*Iris*), od kojih močvarna perunika (*Iris Pseudacorus*) ima dvije vrste cvjetova: jedne oprašuju bumbari, a druge muhe. Ovaj se pojav zove „dijentomofilija". Od zigomorfnih tipova ove rpe zanimljiva je građa klobučca (*Aconitum Napellus*). Lapovi cvijeta klobučca modri su i služe kao vabilo, a latice su zakržljale sve do dvije, koje služe kao nektariji. Građa tih cvjetova posebno je udešena za posjet bumbara (*Bombus*). Dokazano je pače, da se geografsko rasprostranjenje bumbara i klobučca podudara posve, a to nam dokazuje tijesni odnos, koji postoji među cvijetom klobučca i bumbara.

c) Usnati cvjetovi upravo su savršen tip prilagodbe cvjetova posjetu pčelâ. Usnate cvjetove imaju usnjače (*Labiatae*), skrofularije, kaćunovice, a i ljubice. Izrazita se zigomorfija razvila tako, da donje usne služe sjedalom za pčele, a ujedno se na njoj nalaze i kažiputi do dobro sakrivenoga polena. Gornja usna služi kao krov za zaštitu polena i nektara od nepogodna vremena, kiše i rose.

Kao osobiti tip vrijedno je istaknuti mehanizam oprašivanja cvijeta u poljskoga kuša ili kadulje (*Salvia pratensis*; slika 230.). Kadulja ima dva prašnika udešena kao automat za oprašivanje. Filamenat je prašnika vrlo kratak, a kopča za prašnice (konektiv)

izdjelana je poput poluge. Jedna se polovica kopče ispružila poput luka sve do kraja gornje usne i nosi jednu prašnicu (anteru), a druga je polovica kopče kraća, te ima oblik pločica. Lako bi se tko prevario, te bi duži kraj kopče držao za filamenat prašnika; ona pločica na donjem dijelu zapravo je zakržljala druga prašnica obaju prašnika. Kada bumbar sjedne na donju usnu i zarije svoje jako rilo u cvijet, udari u onu pločicu, koja zatvara put do nektarija, a time se kopča poput poluge nagne za 35—60°. Obje se prašnice pojave ispod gornje usne i opraše se upravo na leđa bumbarova. Čim bumbar izađe iz cvijeta, vrate se prašnice u svoj prvašnji položaj. Oprašeni bumbar zađe i u drugi cvijet, kod kojega je njuška dozrela te viri iz gornje usne, a time i nehotice prenese polen na njušku.



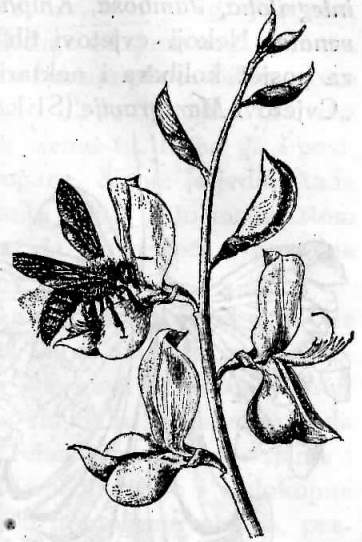
Slika 230. Kuš livadni. *(Salvia pratensis)*: mehanizam cvijeta. (Warming)

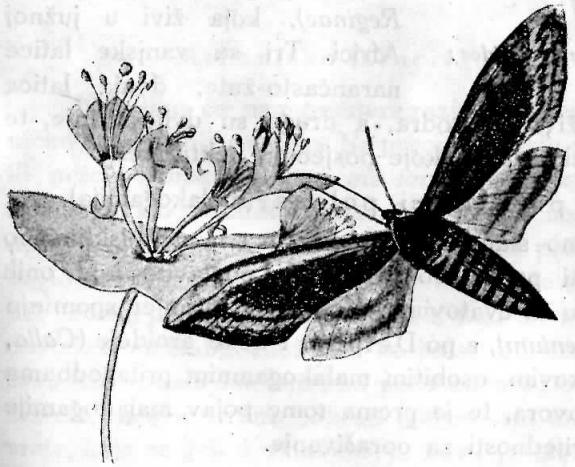
Porodica kaćunovica ili orhideja ima tipova veoma različnih građom cvijeta s obzirom na oplodnju kukcima. Cvjetovi su zigomorfni, kao u sve ove rpe, a značajni su po tome, što imaju polen u vrećicama, koje smo nazvali polinarijima. Ovi su polinariji u našega poljskog kaćuna *(Orchis Morio)*, a i u njegovih srodnika, pričvršćeni na drškima, koji su spojeni nekom ljepljivom tvari. Kad pčela ili bumbar zarine rilo u cvijet, prilijepe se polinariji upravo na njihovo čelo i tako se prenesu u drugi cvijet. Kod tropskih su vrsta oplodne prilike vrlo zamršene. Mnoge vrste imaju mjesto nektara spominjane već „hranjive dlake"; mnoge pak imaju usnu poput kotlića *(Stanhopea, Coryanthes)*, a tako isto i naša gospina papučica *(Cypripedium)*.

d) Cvjetovi lepirnjača (*Papilionaceae*), kojima možemo pribrojiti i cvjetove krestušaca *(Polygalaceae)*, značajni su svojom zigomorfnom građom i osobitim mehanizmima oprašivanja. Gornja latica kao „zastavica" služi vabilom, na strani su dvije latice kao „krila", a odozdo je „lađica", u kojoj su sakriveni prašnici i pestić, a služi i kao sjedalo za pčele. Kada pčela sjedne na lađicu, zategne se ona svojom težinom dolje, a prašnici izvire van.

Takav najjednostavniji mehanizam ima na pr. cvijet djeteline. U mnogih drugih cvjetova *(Lupinus, Lotus)* iscuri polen iz vrška lađice kao iz štrcaljke. Kod dunjice *(Medicago)* i žuke *(Spartium junceum)* (Slika 231.) raspršise polen iz lađice, jer su prašnici u njoj napeti, a tako se i kukac ili pčela po trbuhu opraši.

8. razred. Ovamo vrstamo cvjetove za leptire; njih lako raspoznajemo po tome, što su uski, cjevasti i dugi, te samo leptir s dugim rilom može doprijeti do nektara. Značajno je i to, da su cvjetovi ove rpe obično vrlo crveni, a uz to neobično jako mirišu. Jaki miris poglavito je razvijen u onih cvjetova, koje posjećuju noćni leptiri, n. pr. kozja krv *(Lonicera caprifolium;* slika 232.), duhan *(Nicotiana)*, večernjica *(Hesperis)*, pupoljka *(Oenothera biennis)*, a crvena je boja značajna poglavito za one cvjetove, koje posjećuju dânji leptiri, a to su n. pr. klinčići *(Dianthus)*, ljepice *(Silene)*, kukolj *(Agrostemma)*, mavonj *(Cetranthus ruber)*.

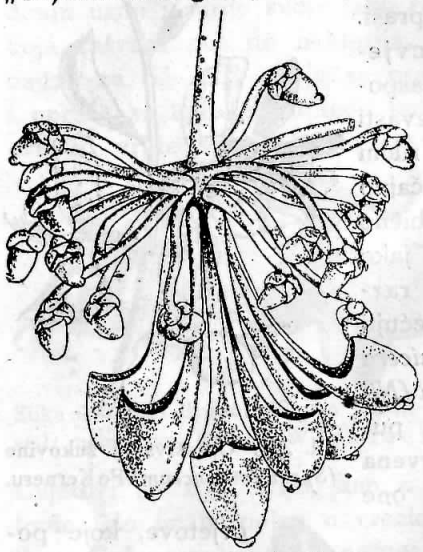

Sl. 231. Oprašivanje žukovine *(Spartium Junceum)*. Po Kerneru.


Slika 232. Leptir siše nektar u cvij tu kozokrvine *(Lonicera caprifolium)*. (Migula).

Oprašivanje pticama (Ornitogamija).

Ptice kao prenosilice polena poznajemo samo iz tropskih krajeva, a to su kolibri i nektarine, malene i prekrasne ptičice

Novoga Svijeta. Od cvjetova, koje ove ptice posjećuju, poznat je tek maleni broj; spominjem ovdje nekoje biljke: *Fuchsia integrifolia, Jambosa, Kniphofia, Kigelia, Musa, Freycenetia i Ravenala.* Nekoji cvjetovi tih biljka imaju pače posebnih uredaba za posjet kolibara i nektarina. Zanimljiv primjer opisuje Belt: „Cvjetovi *Marcgravije* (Slika 233.), koja raste u Nikaragui, stoje u jednom okrugu poput kandelabra. Iz sredine ovoga cvata vise posudice poput vrčeva, koje su za cvatnje (a to biva u veljači i ožujku) napunjene slatkom tekućinom. Ova slatka tekućina privabljuje silnu množinu kukčića, pa tako isto dakle i mnoge kolibre. Oblik je cvjetova takav, da se kolibri, prije nego dođu do nektara, svakako napraše polenom, pa ga onda prenesu u drugi cvijet."



Sl. 233. *Marcgravia nepenthoides:* ornitogamski cvijet. (Neger).

Upravo savršeno ornitogamski cvijet ima strelicija *(Strelitzia Reginae)*, koja živi u južnoj Africi. Tri su vanjske latice narančasto-žute, donja latica unutarnjega kruga živo je modra, a druge su dvije manje, te čine pokrov nad nektarijima, koje posjećuju nektarine.

Puževi kao prenosioci polena (malakogamija).

Puževi su samo slučajni gosti cvjetova, a nije isključeno da mogu i prenositi polen. To se događa poglavito kod onih cvjetova, koji cvatu u cvatovima. Kao tipski primjer spominje se žutina *(Chrysosplenium)*, a po Delpinu i neke aroideje (*Calla, Anthurium*). O kakovim osobitim malakogamnim prilagodbama nema dakako niti govora, te je prema tome pojav malakogamije upravo neznatne vrijednosti za oprašivanje.

* * *

Kirchner O., Blumen u. Insekten. Leipzig u. Berlin. Verlag Teubner. 1911
Knuth P., Handbuch der Blütenbiologie. 3. Bände. 1898.
Loew, Blütenbiologische Floristik. Stuttgart, 1894.

37. Rasprostranjenje bilja plodom i sjemenom.

Rasplod se bilja završuje stvaranjem rasplodnih stanica. U nižega su bilja te rasplodne stanice spore, a u višeg sjemenke. Sjemenke nastaju nakon dovršene oplodnje od sjemenoga zameta, a od ostalih dijelova plodnice i cvijeta nastaje plod. Biljka, stvorivši sjeme, završila je jedan životni dio, ali se time zadaća njena života nije završila; nije dosta, da je sjeme tu, treba ga i posijati i pobrinuti se, da u prirodi ne propane. Sjeme je jedino tada postignulo svoju svrhu, ako služi održanju vrste, a to može istom onda, ako je sjemenka tako udešena, da može doći u povoljne prilike, gdje će proklijati i razviti nov individuum.

Prva i najznatnija zadaća sjemena je ta, da se što više udalji od svoje matere i da se tako na istom staništu po mogućnosti ukloni konkurencija individua s jednakim potrebama. Interes vrste i roda traži, da se sjemenje što dalje rasprostrani i da zauzme što veći prostor. Biljka je prema tome udesila sjeme i plod. I u ovim uredbama vidimo sklad između biljke i cjelokupne prirode; isti oni faktori, koji su služili prenošenju polena, preuzimaju i prenošenje sjemena, a to su: voda, vjetar i životinje. Tek u nekim slučajevima čini to biljka sama na osobiti mehanički način.

Mehaničko izbacivanje sjemena.

Nekoliko će nam primjera razjasniti uredbe, koje vrše mehaničko izbacivanje sjemena. Na prvome mjestu spominjem nedirak ili netek (*Impatiens noli me tangere*) (Slika 235.), koji upravo radi toga, što mehanički izbacuje sjeme, i nosi pridjevak „nemoj dirati u me". Ako naime dodirnemo zreo plod te biljke, to se on naglo raspukne, a sjemenke se svuda razlete. Plod je građen od pet sraslih plodnih listova, koji su, kad su zreli, tako napeti, da dostaje i najmanji dodir, da se jedan od drugoga rastave te se brzo kao strijela smotaju kao pero od ure; od toga se sjemenke razlete na sve strane. Sličan mehanizam ima u plodu i srodna vrsta, koja se goji u vrtovima, a zovu je „lijepo momče" (*Impatiens Balsamine*).

Slično bude i kod običnoga cecelja (*Oxalis acetosella*), samo što ovdje mehanizam leži u sjemenoj lupini, koja se od

nejednake napetosti naglo raspukne, a sjemenke izlete na pukotine van. I plodovi ždralovnica *(Geraniaceae)* raspucavaju se od nejednolike napetosti u stijenkama plodnih listova i izbacuju sjeme. Slično bude i kod lepirnjača *(Leguminosae)*. Kerner spominje, da vučika ili lupina *(Lupinus digitatus)* izbacuje sjemenke 7 metara daleko, a glicina *(Wistaria sinensis)*, koja se u nas goji kao ures ograda, pače i 10 metara daleko. Zanimljivo je i to, da većina tih biljaka s mehaničkim uređajem za izbacivanje sjemenaka nastava u prirodi sjenovita mjesta u šumi i u grmlju, gdje se sjemenje ne može vjetrom raznositi i gdje se zavlače životinje, koje dovode plodove do raspucavanja.

Slika 234. Plod od tikvice *(Ecballium Elaterium)* u času, kad izbacuje sjeme. (Migula).

Na posve drugi način izbacuje sjeme tikvina štrcalica *(Ecballium Elaterium)* (Slika 234.), koja raste svagdje u našem primorju i u Dalmaciji, a pripada porodici tikava *(Cucurbitaceae)*. Plodovi su ove štrcalice malene, nekoliko centimetara duge tikvice, koje, kad su zrele, vise tako, te držak odozdo začepljuje tikvicu. Kada te tikvice dozre, dostatan je i najmanji doticaj, da držak iskoči iz tikvice, a cijela sluzava sadržina zajedno sa sjemenkama izleti van, upravo kao šampanjac iz neoprezno i naglo otvorene boce; u tikvici je prije eksplozije velik tlak, te se tikvica nakon toga znatno stisne. Srodna biljka iz iste porodice *Cyclanthera explodens* ima sličan mehanizam; plod joj se od velikoga unutrašnjeg tlaka naglo raspukne na dvije polovice, od kojih se jedna naglo natrag svine, a time izbaci i sjemenke.

Sl. 235. Nedirak *(Impatiens noli tangere)*: plod zatvoren i u času, kad izbacuje sjeme. (Migula).

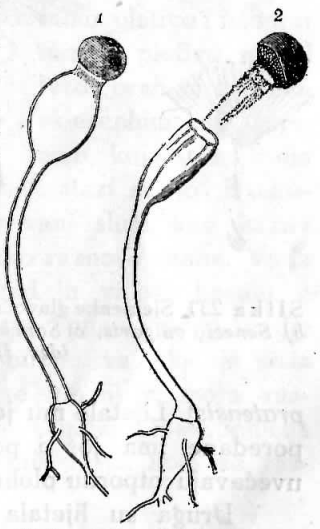
I kod gljiva ima sličnih uredaba za izbacivanje trusa. Tako gljivica *Pilobolus crystallinus* (Slika 236.) izbacuje trus iz nabreklih trusnika nekoliko centimetara daleko, a slično je i kod gljivice-mješinarke *(Ascobolus furfuraceus)*, koja žive na goveđim izmetinama.

Vjetar raznosi sjemenje.

Raznošenje sjemenja vjetrom naziva se u nauci anemohorija. Već smo kod prikaza trusnjača upoznali, da je trus sitan poput prašine i zato ga vjetar može lakše raznositi. To isto nalazimo i u višega bilja; tako imaju vrlo sitno sjeme osobito sve epifitske kaćunovice, vrijesovi, kamenike, jaglaci i siristare. Evo nekoliko primjera, u kojima se prikazuje težina jedne sjemenke:

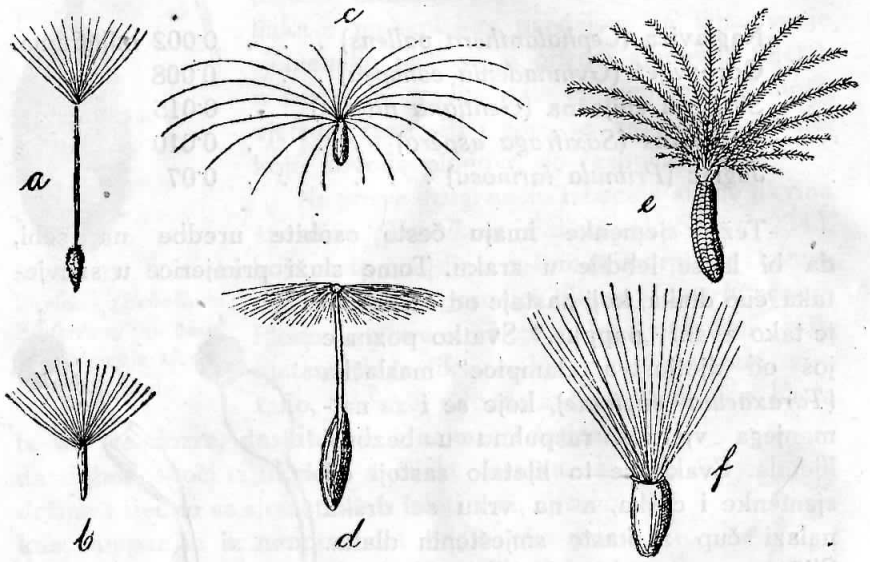
Naglavica (*Cephalanthera pallens*) . . .	0·002 miligrama.
Gorocvijet (*Gymnadenia conopea*) . . .	0·008 „
Siristara snježna (*Gentiana nivalis*) . .	0·015 „
Kamenika (*Saxifraga aspera*)	0·010 „
Jaglac (*Primula farinosa*)	0·07 „

Teže sjemenke imaju često osobite uredbe na sebi, da bi lakše lebdile u zraku. Tome služi primjerice u sucvjetaka čup dlaka, koji nastaje od čaške; to je tako zvani „pappus." Svatko poznaje još od djetinstva „lampice" maslačka (*Taraxacum officinale*), koje se i za najmanjega vjetrića raspuhnu u bezbroj lijetala. Svako se to lijetalo sastoji od sjemenke i drška, a na vrhu se drška nalazi čup zrakasto smještenih dlaka. Slične sprave za lećenje imaju i krestica (*Senecio vulgaris*), krijice (*Sonchus*), loćika (*Lactuca*), jagušac (*Picris*), stričak (*Carduus*) i druge. Te uredbe možemo isporediti sa padobranom, kojemu kao težište služi sjemenka i plod. Sličan padobran od dlaka nalazimo i u suhoperke (*Eriophorum*), koja resi cretne livade, samo je ovaj drugoga podrijetla, jer nastaje od vjenčića. Kod vrbe i topole nastaju takove dlake od drška sjemenoga zameta („funiculus"). Sva su ova dlakava lijetala osobito osjetljiva na vlagu; ako je vrijeme vlažno, nijesu ove dlake čvrste i



Slika 236. *Pilobolus crystallinus*. Plijesan, koja izbacuje trus. (Kerner).

lake, te ne mogu lebditi u zraku. Mnogo su jednostavnije građena lijetala u obliku pera, n. pr. kod naše šumske loze ili trte (*Clematis Vitalba*), odoljena (*Valeriana officinalis*), granače (*Atragene alpina*) i turice (*Geum montanum*). Kod prave se pamučike (*Gossypium herbaceum*) nalaze sjemenke s osobito drugim sjemenim dlakama u plodu pucavcu. Te su dlake od čiste celuloze, pa se zato upotrebljavaju za pravljenje pamučnih tkanina. Najljepše razvijen organ za lećenje nalazimo u kozobrada (*Tragopogon*



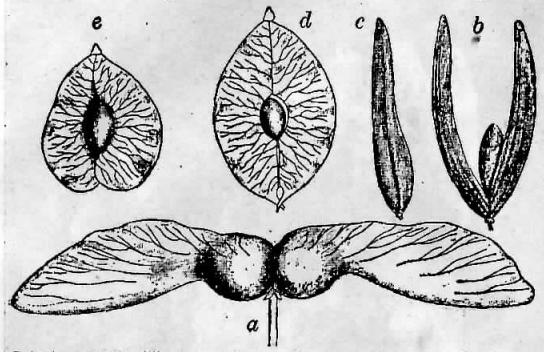
Slika 237. Sjemenke glavočika s dlakama za lećenje: *a) Taraxacum officinale, b) Senecio vulgaris, c) Sonchus arvensis, d) Lactuca virosa, e) Picris hieracioides, f) Carduus nutans.* (Migula).

pratensis). Lijetalo mu je građeno poput padobrana, a zrakasto poređane ima još i pobočke na gusto smještene dlake, koje uvećavaju otpornu plohu lijetala (Slika 237).

Druga su lijetala građena tako, da se površina sjemena poveća poput pobočnih krila. Takova su krila ili jednostrana, kao kod naših konifera, ili su dvostrana, kao kod javora, brijesta i jasena (Slika 238.) Ta krila daju sjemenkama oblik jednoplošnih aeroplana, a upravo su savršena u indomalajske tikvine (*Zanonia macrocarpa*).

Voda rasprostranjuje bilje.

Alge i gljive, koje žive u vodi, rasprostranjuju se dakako samo vodom. Taj način rasprostranjenja sjemena zove se u nauci hidrohorija. I mnoge su više biljke hidrohorne, a to su dakako hidrofiti, kao: voščika (*Ceratophyllum*), podvodnica (*Najas*), kornjačica (*Alisma*), mrestnjak (*Potamogeton*), krocanj (*Myriophyllum*). Sjemenke toga bilja isprva su lake i plivaju na površini, a kasnije namočene vodom potonu na dno. Kao osobiti tip prilagodbe sjemena raznošenju vodom ističe se kokos (*Cocos nucifera*). Ove paome ima osobito u primorju Tihoga i Indijskog oceana. Orasi kokosa veliki su poput glave u čovjeka, a vani su obaviti glatkom i čvrstom korom, koja ne propušta vode. Pod tom se korom nalazi rahlo pletivo i istom u tom se pletivu nalazi tvrdi orah sa čvrstom sklerenhimskom lupinom, koja u mekšem sloju obavija klicu. Usred sredine oraha nalazi se još i tekućina poput mlijeka. Ono rahlo pletivo vani služi kao kakav pojas za plivanje, te morski valovi daleko raznose orahe. Voda ne prodire u njih, a ne škodi im ni kad ih valovi bacaju o morsko stijenje. Kad ih more izbaci na kopno, mogu ovdje posve na suhome proklijati, jer vodu nužnu za klijanje nose sa sobom u onom mlijeku. — Tako se gibanjem mora rasprostranjuje velik broj bilja. Glasovita Challenger-ekspedicija za istraživanje oceana utvrdila je 97 biljnih vrsta, koje se rasprostranjuju morem.



Slika 238. Krilate sjemenke: *a* javora, *b* i *c* jasena, *d* i *e* brijesta. (Migula).

Posve je razumljivo, da se i kopnene biljke mogu rasprostranjivati vodenim putem. Kiša, potočići, potoci, bujice i rijeke raznose mnoge i mnoge sjemenke, te nam stoga i ne može biti na čudo, ako gdjekad mnoge čisto gorske biljke nađemo i u dolinama i nizinama.

Rasprostranjenje sjemenja životinjama.

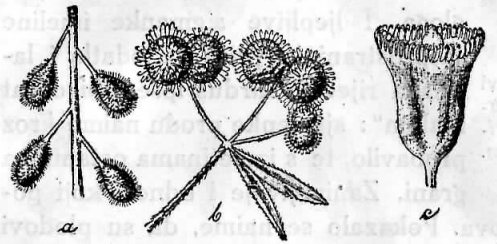
(Zoohorija).

Životinje vrlo znatno raznose sjemenje, i to ili posve slučajno ili namjerice, tražeći sjemenke za hranu. U prvome slučaju biva to obično tako, da se sjemenke ili truske prihvate površine životinjske. Tako se n. pr. prenose truske gljivâ, koje rastu na izmetinama, muhama i drugim kukcima. Ovom se prilikom sjetimo spomenute već gljive *Pilobolus crystallinus*, koja izbacuje truske. Po svoj prilici mnoga izbačena truska pogodi muhe, koje ih onda raznose. Među višim je gljivama zanimljiv smrdljivi pupavac (*Ithyphallus impudicus*) (Sl. 239.), koji je sličan smrčku, a odlikuje se osobito svojim silnim smrdežem. U kapi toga pupavca nalaze se udubine, a u njima neka zelena sluz, puna trusâ. Onaj osobiti smrad po ljudskim izmetinama privabljuje mnoštvo muha, koje se jamačno onom sluzi naslađuju, ali pri tome raznose i trus. Po našem su shvaćanju ona

Slika 239. Pupavac smrdljivi (*Ithyphallus impudicus*). Po fotografiji iz prirode od V. Naběleka

zelena boja i neugodni vonj upravo vabila za muhe, dakle su zoohorne prilagodbe. Naš glasoviti gljivar Stjepan Schulzer Müggenburški, koji je napisao veliko djelo o slavonskim gljivama, otkrio je u Slavoniji kod Kamenice srodnika ovome pupavcu, koji je veći i ljepši, a nadjenuo mu je ime *Phallus imperialis*. Na sličan način raznose muhe i trus od spominjane već glavnice (*Claviceps purpurea*), koja s konidijama izlučuje onaj slatki sok, koji je muhama omilio.

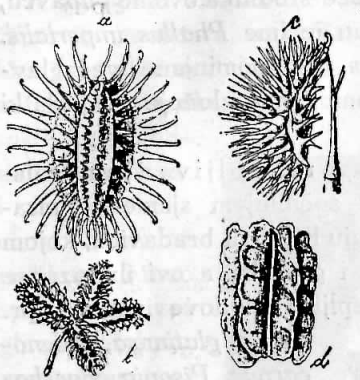
Ovaj način raznašanja sjemena priljepljivanjem nalazimo i u javnocvjetaka. Za primjer spominjem sjemenke mrazovca (*Colchicum autumnale*); one imaju ljepljivu bradavicu, kojom se priljepe na kopita i papke konja i goveda, a ovi ih raznose onda po livadama i pašnjacima. Ljepljive plodove imaju n. pr. *Salvia glutinosa, Adenocarpus, Pisonia, Boerhavia* i mnoge druge. Tu su žljezdaste dlake, koje čine plod ljepljivim.



Slika 240. Priljepljivi plodovi: *a Circaea lutetiana, b Galium aparine, c Agrimonia eupatoria.* (Migula).

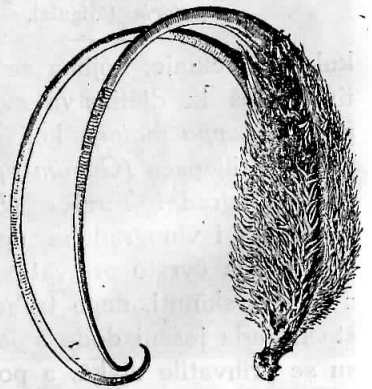
Najveći se broj javnocvjetaka rasprostranjuje takovim plodovima i sjemenkama, koji imaju na sebi uredaba kao dlake, kukice i čekinje, kojima se lako prihvate za dlakavu kožu životinja. Još iz djetinstva svatko se sjeća „čičaka", plodova lopuha (*Lappa maior*), koji imaju mnoštvo sitnih kukica, a isto tako i priljepača (*Galium aparine*) (Slika 240.), kojega su pune živice i ograde. Turice (*Bidens tripartitus*) vrlo su neugodne u poljima i vinogradima upravo radi plodova, koji se dvjema bodljikama čvrsto prihvate odijela, te ih ni četkom ne možemo s odijela skinuti, nego treba svaku sjemenku napose izvlačiti. Na stoci, kada jeseni dođe s paše, uvijek ćemo naći sjemenaka, koje su se prihvatile dlakâ, a pogotovu vrijedi to za ovce i koze. Za trnjavu dikicu (*Xanthium spinosum*) zna se, da se na taj način, naime s ovčjom vunom, rasprostranila po cijelome svijetu te joj se i zamela prava domovina. Kao tipove iz te rpe plodova spominjem još: skorušicu (*Agrimonia eupatoria*), bahornicu (*Circaea lutetiana*), mrkvu (*Daucus Carota*), čekinjavku (*Torillis*

Anthriscus), moračinu (*Orlaya grandiflora*), perutku (*Turgenia latifolia*) (Sl. 241.), a kao osobiti tipovi stranih flora zanimljivi su plodovi američke biljke *Martinia proboscidea* (Sl. 242.) i afričke *Harpagophyton procumbens*, koje imaju osobitih nastavaka poput pandža.



Slika 241. Priljepljivi plodovi štitarka: *a Daucus Carota, b Coucalis daucoides, c Turgenia latifolia, d Laserpitium latifolium.* (Migula).

Veliki broj bilja ima koštunjave i bobičave plodove, koje vrlo rado jedu osobito ptice. Veći broj tih plodova ima sjemenje udešeno tako, da može proći kroz cijelo probavilo, a da ne izgubi svoje klijavosti. Koštunjava sjemenka obično je uložena u mesnato oplođe; tako u trešnje i gloga. I ljepljive sjemenke imeline rasprostranjuju ptice, a odatle i latinska riječ: „Turdus ipse sibi cacat malum": sjemenke prođu naime kroz probavilo, te s izmetinama ostanu na grani. Zanimljiv je i odnos, koji postoji između ptica i plodova. Pokazalo se naime, da su plodovi koji su mili pticama, ponajviše crveni, a pokusima dokazaše, da ptice, ne vide modre polovice spektra, nego samo crvenu. Crvena boja trešnje, gloga, brekinje, popove kapice, tise i drugih plodova osobita je prilagodba na raznošenje sjemenja pticama.

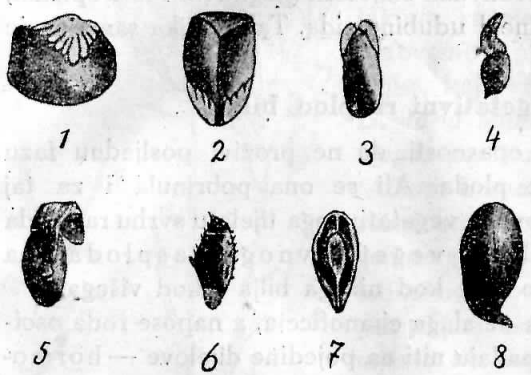


Slika 242. Plod martinije. *(Martinia proboscidea).* (Neger).

Ptice, a pogotovo vodene, raznose mnoge sjemenke posve slučajno. Mulj se naime vrlo lako prihvati nogâ, kljuna a i krila ptičjih, a s njime i sitne sjemenke, kojih u mulju vazda ima. Pogotovo je vjerojatno, da se na taj način rasprostranjuju slatkovodne alge.

Vrlo znatni za rasprostranjenje sjemenaka, osobito niskih zeleni, jesu mravi, poznati sakupljači razna sjemenja. Te t. zv. „mirmekohorne sjemenke" imaju vani osobitih privjesaka,

žljezdastih organa, koji su puni masnih ulja; stoga ih zovemo „elaiosomi". Takove su mirmekohorne biljke n. pr.: *Chelidonium majus, Viola odorata, Corydalis lutea, Lamium maculatum, Polygala vulgaris, Ranunculus Ficaria, Melampyrum pratense* (Slika 243.) i mnoge druge. Sernander, baveći se izučavanjem pojava mirmekohorije, računa, da jedna država crnoga mrava *Formica rufa*, sabere za vegetacijskoga perioda preko 36.000 sjemenaka. Pri tome prevali svaki mrav put od kojih 70 metara, da donese svaki put samo jednu sjemenku u mravinjak. U Braziliji ima mravi, koji od zemlje grade mravinjake u krošnji drveća, ali u njih donose sjemenke razna bilja, pa one ondje niknu i razviju se. Takova su gnijezda pravi „mravinji vrtovi"; starosjedioci ih zovu „tracua".



Slika 243. Sjemenke biljaka sa elaiosomima, koje sabiru mravi: *1. Artemisia trinervia, 2. Lamium maculatum, 3. Polygala vulgaris, 4. Luzula pilosa, 5. Corydalis cava, 6. Ranunculus Ficaria, 7. Melica sp., 8. Melampyrum prteanse.* (Sernandes).

I čovjek mnogo pridonosi rasprostranjenju namjerice ili slučajno. Takove su „antropohorne biljke" sve kulturne biljke i njihove pratilice: kukolj *(Agrostemma Githago)*, različak *(Centaurea cyanus)*, ljulj *(Lolium temulentum)*. I sve t. zv. ruderalne biljke, pratilice ljudskih naselja: kopriva *(Urtica urens* i *dioica)*, grbica *(Lepidium sativum)*, pomoćnica *(Solanum nigrum)*, bunika *(Hyoscyamus niger)*, rusomača *(Capsella bursa pastoris)*, rosopas *(Chelidonium majus)* jesu antropohorne. Mnoga i mnoga se biljka razišla širom svijeta samo s čovjekom, a po svoj je prilici i minuli Veliki rat rasprostranio mnogo bilje. Ne će li se možda na Karpatima naći mnoga nova biljka, koja potječe s Urala ili iz Sibirije, a u Makedoniji će se vrlo lako pojaviti koja nova biljka iz Maroka, Francuske ili Irske, možda i Kanade, a tko zna, ne će li izniknuti koja čak i iz Australije?

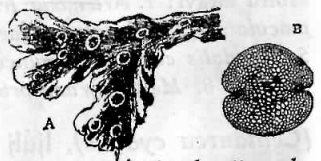
Geokarpija.

Upravo protiv načela rasprostranjenja bilja stoji činjenica, da neke biljke nastoje sakriti svoj plod u tlo. To su t. zv. geokarpne biljke, kao: *Arachis hypogaea, Kerstingerrella geocarpa, Trifolium subterraneum, Astragalus hypogaeus, Mühlenbeckia hypogaea.* U našoj je flori geokarpija rijetka. Kao osobito zanimljivi primjer spominjem klobučac *(Linaria Cymbalaria).* Cvjetovi ove biljčice, koja krasi naše zidove, pećine i stijene, rastu prema svijetlu (pozitivni fototropizam), a kad plod dozori, okrenu se drški cvjetova i rastu protivnim smjerom (negativni fototropizam) upravo u tamne pukotine i udubine zida. Tako biljka sama svoje sjeme sadi.

38. Vegetativni rasplod bilja.

Često je biljka u opasnosti, da ne proživi posljednu fazu života, naime stvaranje ploda. Ali se ona pobrinula i za taj slučaj, te daje dijelove svoga vegetativnoga tijela u svrhu rasploda a i rasprostranjenja. Ovoga vegetativnoga rasploda ima vrlo mnogo, a nalazimo ga i kod nižega bilja i kod višega.

Kod modrozelenih se alaga cijanoficeja, a napose roda oscilarija *(Oscillatoria),* raspadaju niti na pojedine dijelove — hormogonije, — koji se samostalno dalje razvijaju. Ovaj način vegetativnog rasploda hormogonijima nalazimo općeno u alaga, a i u nekih nižih gljiva, pa u mnogom slučaju jedva možemo lučiti spolni rasplod od vegetativnoga; istom kod mahova biva ta razlika jasnija, jer su u njih vegetativne rasplodne stanice oblikom pače različne. Nekoji mahovi: *Marchantia* (Slika 244.), *Tetraphis, Leucodon, Aulacomium,* stvaraju raznolike vegetativne pupove ili talidije od nekoliko stanica posebna oblika, koji služe rasplodu. Vrlo običan mah *Marchantia* ima dapače na površini steljke posebnih organa građenih poput čaške, a u ovima se nalaze rasplodni pupovi, koje obično raznosi kiša i uopće voda. Kod nekih drugih mahova *(Campylopus)* služe kao talidiji pojedini listići, a kod rodova *Leucodon, Thuidium, Myurella* talidiji se stvaraju u obliku malenih



Slika 244. *Marchantia polymorpha A* dio steljke sa zdjelicama, u kojima se nalaze rasplodni pupovi; *B* rasplodni pup (uvećan). (Nathanson).

biljčica u pazušcima listića. I sorediji se, koje smo upoznali kao rasplodne organe lišajeva, mogu držati da su jednaki ovim talidijima.

I paprati stvaraju gdjekada rasplodne pupove. *Cystopteris bulbifera* ima pri dnu listića pupove poput malenih lukovica ili bulbila; kad dozre, otpanu na tle, te od njih naraste nova biljčica. Kod vrste *Phegopteris sparsiflora* ovi su pupovi dugi i obavijeni ljuskavim listićima.

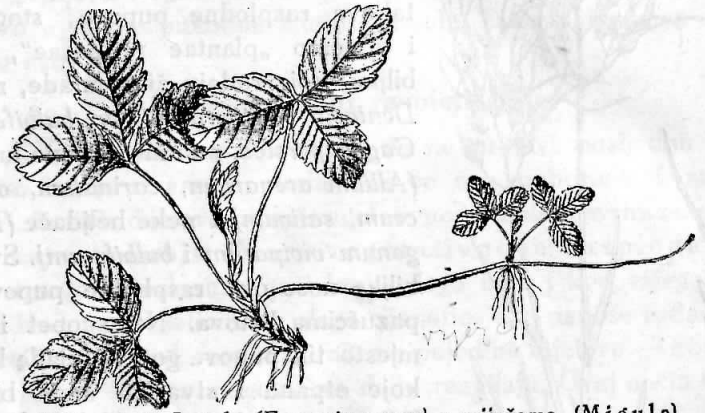
Sl. 245. *Poa alpina* s rasplodnim pupovima *(a).* (Nathanson).

I neke javnocvjetke stvaraju takove rasplodne pupove; stoga ih i zovemo „plantae viviparae", t. j. biljke, koje rađaju žive mlade, n. pr. *Dentaria bulbifera, Lilium bulbiferum, Gagea persica,* pa mnoge vrste lukova *(Allium arenarium, carinatum, oleraceum, sativum)* i neke heljdače *(Polygonum viviparum* i *bulbiferum).* Sve te biljke nose ove rasplodne pupove u pazušcima listova. Neke opet imaju mjesto tih pupova gotove mlade klice, koje otpanu i stvaraju nove biljke. Takove su neke kamenike *(Saxifraga nivalis, cernua* i *stellaris),* sitine *(Juncus alpinus)* i trave *(Aira alpina, Festuca alpina, Poa alpina)* (Slika 245.). Ove klice, koje nastaju vegetativnim načinom na biljci, stvaraju često i korjeniće; kao takove viviparne biljke poznate su još paprati: *Asplenium flagelliforme, A. celtidifolium, A. Edgeworthii* i *Ceratopteris thalictroides,* a od sjemenjača: *Bryophyllum calycinum,* (upravo klasičan objekat, koji je u tom smjeru istraživao i Goethe), *Tolmiea Menziesii, Malaxis paludosa,* režuha *(Cardamine pratensis),* potočarka *(Nasturtium officinale)* i rosopas *(Chelidonium maius).*

Taj način razmnožavanja rasplodnim pupovima možemo isporediti i umjetnomu načinu razmnožavanja „sađenicama", kako

to vrtlari čine. Ruže, ribiz i malina razmnažaju se tako, da se odrežu grančice ili mladice s pupovima (sađenice), te se zataknu u vlažnu zemlju; sađenica naskoro potjera korijenje i razvije se u nov individuum.

Mnoge se biljke same razmnažaju pod zemljom vriježama ili stolonima. To su podzemne stabljike ili podanci, koji rastu razito pod zemljom i u nekim razmacima stvaraju pupove, koji tjeraju nove izdanke. Ovim se vriježama biljke mogu i na daleko rasprostraniti; jagoda u šumi (Slika 246.), djetelina po poljima, a jedna vrsta šaša *(Carex arenaria)* po pješčarama zauzima na



Slika 246. Jagoda *(Fragaria vesca)* s vriježama. (Migula).

ovaj način novo tlo. Dužina vriježâ može biti i prilično velika; po Kerneru je za ivu *(Ajuga reptans)* 30 centimetara, za žabnjak *(Ranunculus reptans)* 60 cm, za dobričinu *(Glechoma hederacea)* 126 cm, za pavenku *(Vinca major)* 200 cm, a za kupinu *(Rubus bifrons)* 650 cm.

I vodeno se bilje razmnaža kadšto vegetativnim načinom — pupovima, koji su obično puni škroba te od svoje težine padnu na dno, gdje ostanu do proljeća: kada proklijaju klice, dignu se ove na površinu. Tako se razmnažaju vodene leće *(Lemnaceae)*, vodarke *(Hydrocharis morsus ranae)*, rebratica *(Hottonia palustris)* i mnoge druge vodene biljke.

39. O zakonima križanja i o križancima.

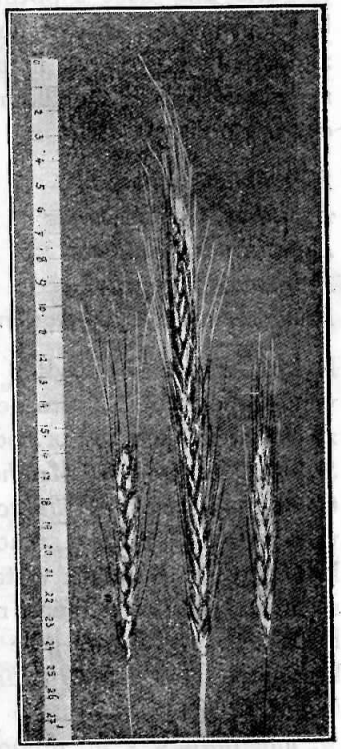
Po Darwinovu zakonu postoji u prirodi načelo križanja (alogamije), koje ojačava vrste. Kako je alogamija provedena u

biljnom carstvu, imali smo već dovoljno prilike upoznati. Kukci, vjetar i voda prenose polen od cvijeta do cvijeta. Tako se lako dogodi, da se vrlo srodne vrste među sobom oplode, pa odatle nastanu pravi križanci ili bastardi (hibridi), koji po svojim svojstvima stoje redovno u sredini među ocem i materom. U prirodi ima takovih slučajeva često. *Brunella intermedia* je križanica između vrsta *Brunella vulgaris* i *Brunella laciniata*. *Brunella vulgaris* ima lišće s potpunim obrubom, a *B. laciniata* ima duboko urezanu, gotovo peroliko rascjepkanu plojku; njihov križanac ima narovašen ili ucjepkan okrajak. Ovakovi se križanci ne razlikuju samo oblikom lista, nego i stabljike i cvijeta, pa vrlo često i oblikom dlakâ na lišću i stabljici. Evo nekoliko primjera:

Marrubium remotum	je	*M. vulgare*	× *M. peregrinum*,
Dianthus Oenipontanus	je	*D. alpinus*	× *D. superbus*,
Dianthus Vukotinovići	je	*D. inodorus*	× *D. croaticus*,
Pulmonaria hybrida	je	*P. officinalis*	× *P. angustifolia*,
Rhododendron intermedium	je	*Rh. ferrugineum*	× *Rh. hirsutum*

Nekoji rodovi i porodice osobito naginju na križanje, drugi su više samostalni i teško se križaju. Kao osobito poznati rodovi za križanje jesu n. pr. od usnjača: *Ajuga, Brunella, Lamium, Salvia, Marrubium, Mentha,* od sucvjetaka: *Achillea, Carduus, Centaurea, Cirsium, Hieracium, Inula,* zatim porodice kaćunovicâ, vrbâ, ružâ, jaglacâ i mnogih drugih. Obično nema razlike u križancu, je li jedna vrsta mati ili otac; ali ima slučajeva, da su križanci ipak različni, n. pr. kod rodova *Digitalis* i *Erophila*. Pače ima slučajeva, gdje je promjena oca ili matere zapreka križanju; tako se *Mirabilis Jalapa* ♀ lako oplođuje s *Mirabilis longiflora* ♂, ali obrnuto nije još nikomu uspjelo, da oplodi *M. longiflora* ♀ s *M. Jalapa* ♂. Odavna je naime već poznato umjetno križanje prenošenjem polena iz jednog cvijeta u drugi. Tako je još osnivač biologije cvijeta Koelreuter prvi na umjetan način stvorio križanac između *Nicotiana rustica* ♀ i *Nicotiana paniculata* ♂. Umjetno križanje provode gojitelji kulturnoga bilja u velike, a osobito gojitelji cvijeća, jer križanjem nastaju i nova svojstva. Križanac *Datura ferox* × *Datura laevis* ima smeđe stabljike i ljubičaste cvjetove, a njezini roditelji imaju zelenu stabljiku i bijele cvjetove. Vrijedi pače pravilo, da se

križanci odlikuju veličinom, brzim rastom, punim cvijetom, snažnijim rasplodom i uzrastom a i drugim svojstvima, koja biljogojci traže. No zato ipak imaju križanci često i neugodno svojstvo, da su slabije plodni, a često i posve sterilni, te među sobom oplođeni ne daju sjemena. Sterilni križanci poznati su osobito u rodova *Rhododendron* i *Epilobium*. Uspjelo je u nekim slučajevima križati i rodove. Tako je uspjelo prof. Jesenku, da križa pšenicu sa raži *(Triticum sativum* × *Secale cereale)*. Ovakav križanac bio je vegetativno mnogo snažniji, ali u muškom spolu posve sterilan, dok je tek nekoliko jajnih stanica bilo sposobno za oplodnju (Slika 247.). Oprašivanjem ovoga križanca sa polenom pšenice ili raži upjelo je Jesenku[1], da dobije novu generaciju.



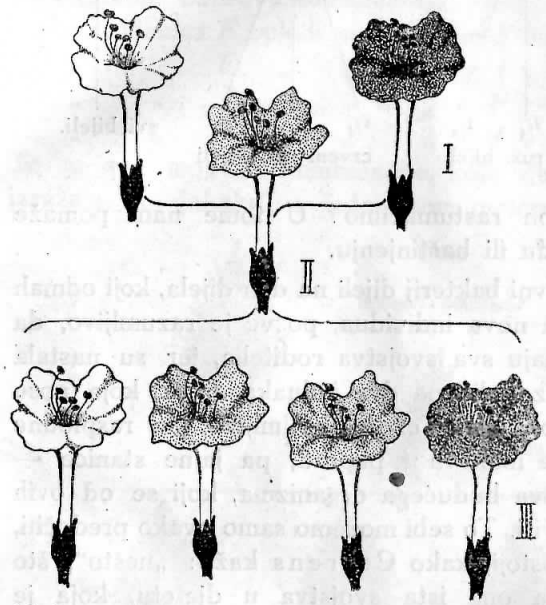
Slika 247. *a* Pšenica crvena galicijska, *b* raž, *c* križanac *a* × *b*. (Jesenko).

Dugo se držalo, da u križanju ne postoje nikakova pravila i zakoni, te još godine 1898. piše u Kernerovu djelu „Pflanzenleben", da se čini, da je tu „nepravilnost pravilo, premda su još od 1866. godine bila poznata neka, danas osobito znatna pravila, koje je našao augustinac u Brnu Gregor Mendel. On je pravio opsežne pokuse umjetnim križanjem raznih vrsta graška, koji su se osobito odlikovali bojom cvijeta, oblikom komušaka i položajem cvjetova. No ti pokusi, premda objavljeni, ostadoše u zaboravi, dok ih novo doba nije ponovno našlo. Tri botanika u isto doba (god. 1900.), a na različitim biljkama: de Vries, Correns i Tschermak nađoše isti rezultat, koji je nekada našao Mendel. Ali se u nauci i onako često događa, da savremenost ne zna cijeniti rezultate naučnoga

[1] Jesenko F.: Über Getreide Species-bastarde (Weizen × Roggen). Zeitschrift für Abstammung und Vererbungslehre. 10. 1913.

rada, te mu istom budućnost iznese veličinu. Novo- nađene zakone o križanju nazvaše u počast iznalazniku Mendelovim zakonom. Da rastumačimo ovaj zakon, promotrimo najjednostavniji primjer, koji je istražio Correns.

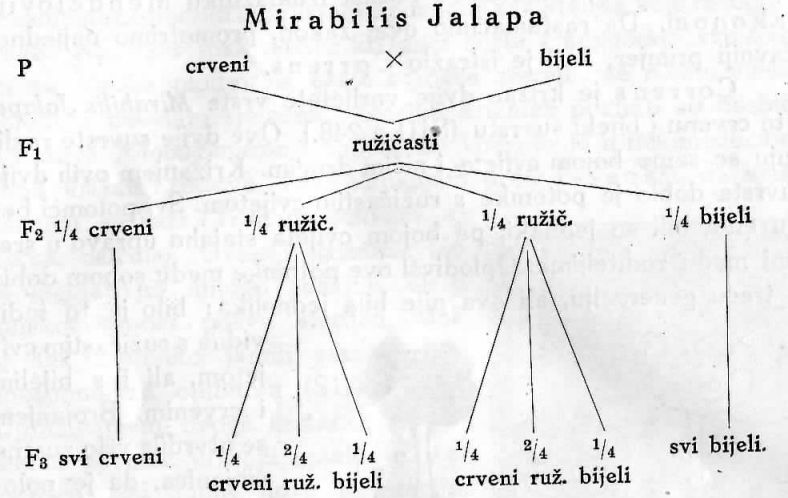
Correns je križao dvije varijetete vrste *Mirabilis Jalapa*, i to crvenu i bijelu suvrstu (Slika 248.). Ove dvije suvrste razlikuju se samo bojom cvijeta i ničim drugim. Križanjem ovih dviju suvrsta dobio je potomke s ružičastim cvijetom. Svi potomci bez izuzetka bili su jednaki, pa bojom cvijeta stajahu upravo u sredini među roditeljima. Oplodivši ove potomke među sobom dobio je treću generaciju, ali ova nije bila jednolika: bilo je tu individua s ružičastim cvijetom, ali i s bijelim i crvenim. Brojanjem se utvrdila vrlo znatna činjenica, da je polovica individua bila ružičasta, četvrtina bijela, a ostala četvrtina crvena. Dalji potomci, koji su nastali samooplodnjom, bili su od bijelih i crvenih individua konstantno iste boje, a od ružičastih individua opet su se cijepali po istom pravilu: polovica ružičasti, a druga polovica bijeli i crveni. Englez Bateson je ponovio pokuse Mendelove s istim uspjehom, a Baur je izvodio pokuse sa zijevalicom *(Antirrhinum)*. Velik broj pokusa provedeno je i sa životinjama, a i opet s istim rezultatom o cijepanju po pravilu 1 : 2 : 1. Taj se zakon zato zove Mendelov zakon cijepanja,[1] a za svojstva, koja se ravnaju po ovom zakonu, kažemo da „mendeluju".



Slika 248. Križanje po Mendelovu zakonu. Cvjetovi dvije rasa od *Mirabilis Jalapa*. (Corren).

[1] Fink N. Mendelizam. Nastavni Vjesnik, Sv. 112. god. 1916. Knj. XXV.

Shematički prikaz Mendelova zakona o cijepanju bio bi ovaj:



Kako da taj zakon rastumačimo? U tome nam pomaže teorija nauke o nasljeđu ili baštinjenju.

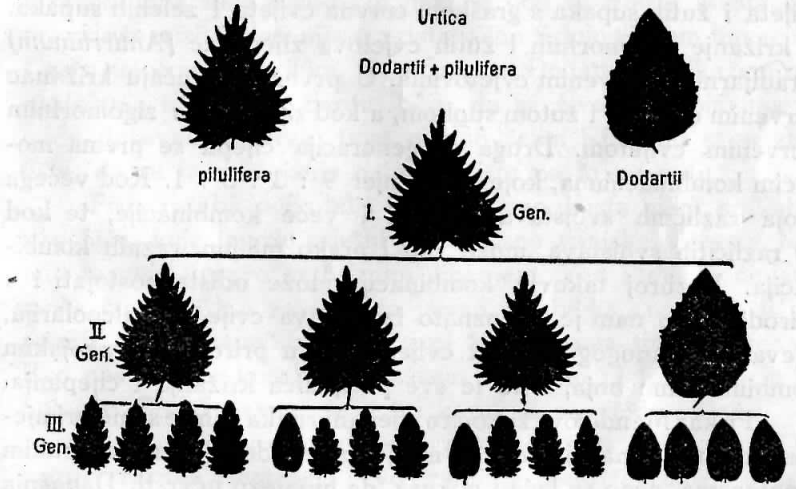
Kada se jednostavni bakterij dijeli na dva dijela, koji odmah tim časom postaju dva nova individua, posve je razumljivo, da oba nova individua imaju sva svojstva roditelja, jer su nastala tako, da se roditelj razdijelio na dva jednaka dijela, koja nose u sebi sva svojstva roditelja. Teže je pojmljivo, da rasplodne stanice — n. pr. spore mahova i paprati, pa jajne stanice — nose u sebi sva svojstva budućega organizma, koji se od ovih stanica ima istom razviti. To sebi možemo samo ovako predočiti, da u tim stanicama postoji, kako Correns kaže: „nešto", što ima zadaću, da stvara ona ista svojstva u djetetu, koja je imao roditelj. To „nešto" zovemo „klicom" (njemački: „Anlage") onoga svojstva, koje se od te klice može razviti. Kakove su te klice, ne znamo, ali imamo o tome raznih hipoteza i teorija, koje sežu u područje teoretske nauke o nasljeđu, kojom se ovdje ne kanimo duže baviti. Većina teoretikâ drži, da su te klice kao nosilice svojstava nasljeđa materijalna tjelešca, sadržana u hromatičkom dijelu žive tvari. Hipotezu o tim „kliconošama nasljednih svojstava" možemo prenijeti i na tumačenje Mendelova zakona. Prema tome i muške i ženske rasplodne stanice crvene

suvrste *Mirabilis Jalapa* imaju klice za stvaranje crvene boje, a stanice bijele suvrste imaju klice bijele boje.

Mendel je sâm postavio hipotezu, da svaki križanac stvara 50% „očinskih", a 50% „materinskih" rasplodnih stanica. *Mirabilis* crvena generacija *F* daje s bijelom generacijom *f* križanac *Ff*. Ovaj će po hipotezi stvarati 50% muških spolnih stanica jedne i druge generacije, a isto tako 50% ženskih spolnih stanica jedne i druge generacije. Križanci *Ff* mogu dati svojom vlastitom oplodnjom ove mogućnosti kombinacije rasplodnih stanica (prema Baurovu tumačenju):

Jajna stanica *F* oplodi se polenom *F* i daje individuum *FF*.
" " *F* " " " *f* i " " *Ff*.
" " *f* " " " *F* i " " *fF*.
" " *f* " " " *f* i " " *ff*.

To su sve moguće kombinacije, koje vjerojatno mogu doći do izražaja, a dakako u jednolikom omjeru, t. j. 1/4 FF (crveni),



Slika 249. Shema križanja u kopriva *(Urtica pilulifera × Urtica Dodartii)*.

1/4 *Ff* i 1/4 (ružičasti) i 1/4 *fF* bijeli. Taj omjer možemo postići budući da se radi o računu vjerojatnosti, samo kod velikoga broja pokusa. Mendel sam proveo je oko 10.000 pokusa.

Mendelov zakon cijepanja vrlo je jasan onda, kada križanac nasljeđuje samo jedno svojstvo, kako je to u našem slučaju

s *Mirabilis*, i kada se nalazi u tom svojstvu upravo u sredini među ocem i materom. No ima i slučajeva, da križanac naliči posve ili ocu ili materi. Takav je primjer križanca dviju vrsta kopriva: *Urtica pilulifera* s oštro nazubljenim listom i *Urtica Dodartii* s gotovo cijelim rubom lista. Križanac posve naliči ocu i ima nazubljeno lišće, te se istom po slijedećoj generaciji pozna, da je križanac, jer se pojavljuje 25% sličnih materi, koji ostaju konstantni. U tom slučaju kažemo, da klice nazubljenoga lista dominiraju, te kod stapanja jezgara obiju vrsta klice cijelog lista matere uopće ne dođu do izražaja; one su recesivne. Ovo je vrlo znatno za floriste, koji istražujući križance misle, da križanac mora svojim svojstvima stajati upravo u sredini među roditeljima. Koliko možda u prirodi ima križanaca, za koje uopće ne znamo da su križanci!

Ako se roditelji razlikuju u dva ili više svojstava, nastaju nove komplikacije. Kao primjere navodim križanje graška bijela cvijeta i žutih supaka s graškom crvena cvijeta i zelenih supaka, ili križanje zigomorfnih i žutih cvjetova zijevalice *(Antirrhinum)* s radijarnim i crvenim cvjetovima. U prvom je slučaju križanac s crvenim cvjetom i žutom supkom, a kod zijevalice s zigomorfnim i crvenim cvijetom. Druga F_2-generacija cijepa se prema mogućim kombinacijama, koje daju omjer 9 : 3 : 3 : 1. Kod većega broja različnih svojstava nastaju i veće kombinacije, te kod 10 različitih svojstava može biti i preko milijun raznih kombinacija. Bezbroj takovih kombinacija može odista postojati i u prirodi, kako nam je to poznato iz carstva cvijeća. Kalceolarijâ, zijevalicâ i mnogog drugoga cvijeća ima u prirodi u svakojakim kombinacijama boja, a to je sve posljedica križanja i cijepanja.

Prikaz Mendelova zakona o cijepanju neka nam je samo primjerom, kako se današnja nauka o nasljeđu ne zadovoljava samo pukim hipotezama, nego se laća i pokusa, da hipotezu učvrsti. Današnja se nauka o nasljeđu uspela pače do potpune samostalnosti; s toga ne može biti ovdje našom zadaćom, da se daljim zakonima bavimo. Zadovoljit ćemo se time, da smo upozorili na njenu znatnost.

* * *

Baur E. Einführung in die experimentelle Vererbungslehre. II. Auflage. Berlin 1914.

Johannsen W. Elemente der exakten Erblichkeitslehre. Jena 1909.

VIII. Dodatak.

40. Psihologija bilja?

Nije li možda odveć smjelo staviti ovaj natpis poglavlju? Postoji li uopće kakova nauka o psihologiji bilja? To su pitanja, koja će mnogi prirodoslovac, uzev ovu knjigu u ruke, upraviti na mene. Ja bih na to mogao odmah odgovoriti, da takvoj „nauci o duševnim svojstvima bilja" u okviru eksaktne biologije nema mjesta, ali zato ipak zahtijeva pravičnost, da govoreći o životu bilja ne mimoilazimo ideje i misli, koje su u razno doba nikle u ljudskoj glavi, a tiču se doista života bilja, premda te misli i ideje nijesu pristupačne fiziologijskom tumačenju. I zato upotrijebih priliku, da u ovom „Dodatku" prikažem neka nastojanja u nauci o životu bilja, da se životnim pojavima pridadu duševna svojstva; time ujedno želim istaknuti svoje stajalište, da se ta nastojanja nalaze zaista na krivu putu.

Proučivši biologiju bilja upoznali smo doista biljni organizam kao biće, koje je vrlo osjetljivo na razne vanjske utjecaje, te na njih reaguje upravo svrhovitim gibanjem. Već sama ta činjenica može čovječji duh zavesti na misao, da biljka „osjeća" tu promjenu, te „svijesno" udešava svoj život prema tim promjenama. Evo nas jednim korakom u našem mišljenju iz fiziologije u psihologiju. Pita se samo, je li taj korak u nauci dopušten?

Ovakovo umovanje pojavljivalo se često u „filozofijskoj literaturi" raznih vremena. Prvo znatnije djelo te ruke Fechnerova je „Nanna".[1]) Nanna je u staronjemačkim pričama božica cvijeća, kći boga svijetla Baldura. U toj knjizi nastoji Fechner prikazati, da i biljke imaju duševna svojstva kao i životinje, da osjećaju i instinktivno djeluju kao i ove. Nebrojenim zanimljivim

[1] Theodor Fechner: Nanna oder über das Seelenleben der Pfanzen. II. Auflage 1899.

analogijama kuša on to dokazati. Evo nekoliko tih analogija, koje mi se čine zanimljivijima:[1]

„Malena djeca drže, da guska nije ptica, jer ne pjeva i ne prši. Nijesmo li mi djeca, ako držimo, da biljke nemaju duše zato jer ne govore i ne trče . . ." — Ili ovako: „Seljaci vide duhove noću, premda nema duhova, i to samo zato, jer su od djetinstva čuli i naučili, da duhovi oblijeću noću. Nijesmo li mi seljaci, kad ne ćemo danju da vidimo duhove (dušu u bilja) samo zato, jer smo od malih nogu naučili, da ih nema." — Na obični prigovor, da su psihička svojstva vezana na centralni organ i živčani sustav, odgovara Fechner ovako; „Pauk krstaš hvata svoj plijen mrežom tankih, finih niti; bez mreže ne zna hvatati. Isto je i s našom dušom; samo mrežom tankih živčanih niti može duša primati osjećaje. Je li pak nužno, da svi pauci imaju mrežu za hvatanje plijena? Nipošto, jer ima pauka, koji iz zasjede i bez mreže hvataju svoj plijen. Ne čini mreža pauka, nego pauk mrežu. Isto tako mogu i biljke bez živčane mreže primati osjećaje".

Takovim se analogijama, koje bismo prije nazvali sofističkim dosjetkama, služi Fecher, da dokaže psihične momente u bilja. U filozofijskoj literaturi javljale su se mnoge slične misli čak od Anaksagore pa do najnovijega doba. Campanella, Hegel, Schelling, Fr. Schultze, E. v. Hartmann, Boskowitz, Beneke i drugi mnogi filozofi[2] stoje na ovoj „fitopsihologiji". To je zahtijevao već njihov „sustav", koji je tražio u svemu živom neku osobitu silu, koja nevidljivim i nepristupnim načinom ravna životom.

Kako vidimo, bavili su se ovim problemom sve sami filozofi, te ova nauka prema tome i pripada filozofiji, a ne prirodnim naukama.

Prirodoslovci, koji stoje na mehanističkom tumačenju životnih pojava, istaknutih u uvodu ove knjige, zabacuju svaku i najmanju pomisao na duševna svojstva bilja. Pače su i oni botanici, koji se drže vitalizma te vide u životnoj tvari neku osobitu mističku vitalnu silu, vrlo oprezni pridavajući duševna svojstva

[1] Vouk V.: Psihologija bilja. „Narodne Novine" od 7. lipnja br. 130., 1911.

[2] Hayunngs H. Die Lehre von der Beseeltheit der Pflanze von Fechner bis zur Gegenwart. Inaug. Dissertation. Leipzig, 1912.

biljci. Reinke, poznati vitalist, kaže o pitanju, imaju li biljke svijest,[1] ovo: „Dokaz ni za ni protiv ne može se dati; budući da nam je kod bilja dosta s pojmom uzbuđenja, to ne vidim razloga, da bismo im pridavali osjećanje, i držim ih jednostavnim refleksnim strojevima". Ili na drugom mjestu: „Kad Haberlandt pridaje biljkama osjetilne organe, a time i osjetni život, to se time ne postavljaju nikakve psihičke funkcije; takav osjetni život možemo zamisliti i automatičkim načinom". Reinke je dakle vrlo oprezan u pogledu psihologije bilja, oprezniji od Driescha, Paulia, Wagnera i drugih vitalista. U novije je doba počeo u velike iznositi psihologiju bilja kao osobitu nauku, koja se osnova na botaničko-fiziologijskoj podlozi, R. H. Francé[2], koji je prenio, na žalost, tu nauku u popularno-naučnu literaturu, a time je škodio nauci više, nego joj je koristio. I Francé osniva svoje dokaze o „biljnoj duši i duševnim svojstvima" na analogiji biljnoga organizma sa životinjskim, izvodeći pri tome često posve krive zaključke. Evo samo jedan primjer tih analogija: Za osjetljivost čovječjega oka vrijedi Talbotovo pravilo, a to je ono isto poznato pravilo o učinku množine energije, koje smo upoznali u nauci o podražajima. To isto pravilo vrijedi, kako znamo, i za biljni organizam. Osjećanje oka čovječjega vezano je na psihički momenat, a prema tome analogijom i „osjećanje" biljke za svijetlo mora biti momenat psihički. Pri tome navodimo samo, da ono kritično „fiziologijsko" ili „psihologijsko" pravilo o osjetljivosti (zakon o množini energije) vrijedi i za osjetljivost fotografijske ploče, te je dakle posve fiziko-kemijsko pravilo. Nije dakle dosta tražiti analogije između biljke i životinje, nego ih treba tražiti i u fiziko-kemijskim pojavama mrtve prirode.

Psihologijska struja ide tako daleko, da bilju pridaje volju, ljubav i druge psihičke momente, kakovih nalazimo u savršenih životinjskih organizama; a da je to i s filozofijskoga stajališta pretjerano, nije nužno ni dokazivati.

[1] Reinke J. Einleitung in die theoretische Biologie. 1911.

[2] Françe R. H. Pflanzenpsychologie als Arbeitshypothese der Pflanzenphysiologie. Stuttgart, 1909.

Htio sam u ovome svemu samo pokazati, da postoji zaista pitanje o mogućnosti psihičkih pojava kod bilja, a to pitanje „psihologije bilja ne spada u područje neopravdanih spekulacija, nego mora da je kao induktivno pitanje dopušteno."[1] No čija je zadaća, da odgovara na to pitanje, druga je stvar. Ozbiljni prirodoslovci i fiziolozi, koji žele riješavati probleme života, odbijaju od sebe to pitanje držeći štetnim, da se psihološki pojmovi uvlače u biologiju.

[1] Kern B., Problem des Lebens, 1910.

Kratak terminologijski rječnik.

Ovaj kratki tumač stručnih izraza služi u prvom redu tumačenju etimologije, t. j. podrijetla raznih stručnih izraza, koji su sastavljeni bilo od grčkih bilo od latinskih riječi. U drugom redu ima taj tumač da olakša čitanje teksta u kojem god dijelu knjige i bez obzira na pređašnja poglavlja, gdje se pojedini stručni nazivi tumače.

Aerenhim (ἀήρ = zrak, ἔγ-χυμα = naljevak); zračno staničje s mnogo velikih međustaničnih prostora; nalazi se osobito u vodenoga bilja.

aerofiti (ἀήρ = zrak, φυτόν = biljka); zračno bilje, koje živi u krošnji visokih tropskih stabala, i to na kori drveta epifitičkim načinom, često bez ikakva korijenja. (Str. 124.)

aerotropizam (ἀήρ = zrak, τρόπος = okret); gibanje biljnih organa poradi razlike u sastavu zraka.

aleuron (ἄλευρον = brašno); tjelešca od bjelančevine, koje se nalaze u nekim sjemenkama.

alogamija (ἄλλος = drugi, γάμος = ženidba); strana oplodnja, t. j. oplodnja polenom iz drugoga cvijeta iste vrste.

anaerobionat (ἀν- = bez, ἀήρ = zrak, βίος = život); živo biće, koje može živjeti i bez uzdušnoga kisika.

anatomija (ἀνά = raz, τομή = rezanje); nauka o unutarnjoj građi živih bića, jer u istraživanju upotrebljava rezanje živih bića.

anemogamija (ἄνεμος = vjetar, γάμος = ženidba); oprašivanje prenošenjem polena vjetrom.

anemohorija (ἄνεμος = vjetar, χωρέω = mičem se); raširivanje sjemena vjetrom.

anteridij (ἀνθηρός = cvjetni); muški spolni organ kod alaga, gljiva, mahova i paprati.

antipode (ἀντί = nasuprot, πούς, ποδός noga); stanice, koje u zametnoj kesi leže na strani protivnoj od jajeta.

arhegonij (ἀρχή = početak, γονή = rađanje); ženski spolni organ mahova i paprati.

asimilacija (*assimilare* lat. = učiniti sličnim); u širem smislu znači sve pojave, koje su u vezi s izgradnjom žive tvari, dakle hranidbu uopće; u užem smislu znači napose „asimilaciju ugljičnoga dvokisa".

askomiceti (ἀσκός = mješina, μύκης = gljiva); gljive mješinarke, koje tvore truske u osobitim mješinicama, t. zv. ascima (askus).

askus (ἀσκός = mješina); stanica u obliku mješinice, u kojoj nastaju truske u gljiva mješinaraka.

asocijacija (lat. *associare* = združivati); zove se biljna zadruga nekoga florističkoga sastava, jedinstvenih uvjeta staništa i jedinstvene fizionomije.

auksanometar (αὐξάνω = množim, uvećavam); stroj, koji uvećano mjeri rastenje bilja.

auksospora (αὐξάνω = množim, σπορά = sjeme); osobiti oblik trusaka (spora) u alaga kremenjašica ili dijatomeja.

autogamija (αὐτός = sam, γάμος = ženidba); samooplodnja, t. j. oprašivanje u istom cvijetu.

autotrofne biljke (αὐτός = sam, τροφή = hrana); biljke, koje se mogu same hraniti, t. j. koje same asimiliraju ugljični dvokis iz zraka.

Bastard znači isto što i hibrid (lat.), t. j. križanac, koji nastaje križanjem dvaju biljnih tipova (rase, varijeteta, vrste ili roda).

bazidij (βασίδιον = osnovčica); plodna mješinica nekih viših gljiva (bazidiomiceta), koja nosi vani na vrhu truske.

bentos (βένθος = dubina); vegetacija u vodi ili u moru, koja je prirasla na dno,

biologija (βίος = život); nauka o životu i o živim bićima.

bionomija (βίος = život, νόμος = zakon); nauka o zakonima života, koja tumači životne pojave eksperimentalnim načinom (Neger).

Cecidije (κηκίδιον = šiščica, od κηκίω = izbijam); šiške ili babuške, tvorevine na biljnim organima, kojima su uzrok kukci (zoocecidije) ili gljive (mikocecidije); one služe kao stan kukcima ili razvoju gljiva.

celuloza (lat. *cellulosus*, pun stanica); kemijski spoj iz rpe ugljohidrata $[(C_6H_{10}O_5)n]$, od kojega se ponajvećma sastoje membrane biljnih stanica,

cenobij (κοινός = zajednički, βίος = život); kolonije od više individua, koje čine zajedničko tijelo; ima ih kod nekih alaga.

centrosom (κέντρον = središte, σῶμα tijelo); tjelešce, koje se nalazi na polovima staničnih jezgara, a sudjeluje znatno kod dijeljenja stanice; ima ga u životinjskim stanicama redovno, a u bilinskim ga se opažalo tek kod nekih alaga.

cilija (lat. *cilium* = trepavica); tanka nit kao bič (flagellum), kojim se mnogi jednostanični organizmi giblju.

cirkumnutacija (*circum* = okolo, *nutare* = njihati se, gibati se); osobito gibanje ili kruženje vrška stabljikâ za rastenje (Darwin).

citologija (κύτος = šupljina, posuda, stanica); nauka o stanici.

Dijecija (δι- = dvo-, οἶκος = kuća, dom); dvodomnost; pojava, da se muški i ženski spolni organi nalaze na različitim individujima iste vrste.

dihogamija (δίχα = odijeljeno, rastavljeno, γάμος = ženidba); pojava, da u cvjetovima njuške pestića i prašnice u razno doba dozre.

diklinija (δι- = dvo-, κλίνη = ležište, postelja); bilje, koje ima rastavljena ili dva ležišta za spolne organe; ta se pojava zove jednospolnost.

dikotiledone (*Dicotyledones*; δι- = dvo-, κοτυληδών = sisalica, hvatalica, u bilja prvi listovi ili supke u sjemenci, koji služe kao sise, iz kojih mlada klica crpe hranu); biljna rpa skrovnosjemenjača sa dva prva lističa ili supke (dvosupnice).

domacije (δωμάτιον = kućica); osobite tvorevine na biljnim organima, koje služe grinjama za stanove.

Edafon (ἔδαφος = tlo); život ili skup organizama, koji žive u tlu.

ekologija (οἶκος = kuća, dom); nauka o odnosu živih bića prema okolini.

eksospora (ἔξω = vani, σπορά = sjeme); svaka spora ili truska, koja nastaje na stanicama.

elaiosom (ἔλαιον = ulje, σῶμα = tijelo); osobita tvorevina ili privjesak na nekim sjemenkama, koji sadržava ulje, a hrane se njome mravi.

embrion (ἔμβρυον = zametak); ili mlada klica u zametku.

encim (ζύμη = kvas); isto što i fermenat; organske tvari, koje se nalaze u stanicama, a mogu biti uzrokom raznih kemijskih reakcija u stanici i pospješiti ih. Kemijski je sastav tih tvari nepoznat, ali se zna, da su bjelančasta podrijetla i da djeluju kao katalizatori. (Vidi str. 40.)

endosperam (ἔνδον = unutra, σπέρμα = sjeme); staničje u sjemenci puno hranivih tvari (škroba, bjelančevinâ, ulja), koje služi za hranu mladoj klici.

endospora (ἔνδον = unutra, σπορά = sjeme); svaka spora ili truska, naročito u gljiva, koja nastaje unutar plodnih stanica.

enharmonija (ἐν = u, ἁρμονία = sklad); skladan odnošaj pojedinih organa i stanica u organismu (Wiesner).

entomogamija (ἔντομον = zareznik ili kukac, γάμος = ženidba); oprašivanje prenošenjem polena kukcima.

epharmonija (ἐπί = na, ἁρμονία = sklad); skladni ili harmonijski odnošaj organizama prema vanjskom svijetu (Wiesner)

epiderma (ἐπί = na, δέρμα = koža); tanka jednoslojna kožica na jednogodišnjim biljnim organima; zovu je tjenica.

epifiti ἐπί = na, φυτόν = biljka); biljke, koje žive na drugim organizmima a da im ne oduzimaju nikakvu hranu.

eremofiti (ἔρημος = zapušten, pust, φυτόν = biljka); biljke, koje žive u pustinjama.

étiolement (franc.) znači bolest zelene biline, koja izraste bez dostatna svijetla. Takova (etiolovana) bilina blijeda je, bez zelene boje, a ima osobito produženu stabljiku i malo zakržljalo lišće.

Feofil (*phaeophyllum*; φαιός = siv, smeđ, φύλλον = list); boja ili mastilo kojom su obojene smeđe alge.

fermenti isto što i encimi.

fikoeritrin (φῦκος = halužina, ἐρυθρός = crven); crvena boja ili mastilo, kojim su obojene crvene alge.

finalnost (lat. *finis* = svršetak, cilj ili svrha); svrhovitost.

fiziologija (φύσις = priroda); isprva nauka o prirodi.

floem (φλοιός = kora); jedan dio staničja u žilama ili sastavni dio kore u drveća.

formacija; biljnogeografski pojam, koji označuje višu jedinicu biljnih zadruga. Taj se pojam upotrebljava u raznom značenju, te je istom na botaničkom kongresu u Bruselju god. 1910. napose označen kao skup biljnih asocijacija različita florističkoga sastava, koje pokazuju slične uvjete staništa i sličnu fizionomiju.

fotometar (φῶς, φωτός = svijetlo); sprava za mjerenje svijetla.

fototropizam (*φῶς, φωτός* = svijetlo, *τρόπος* = okret); gibanje biljnih organa, kojemu je uzrok svijetlo.

Gameti *γαμέομαι* = ženim se); rasplodne stanice, koje međusobnim spajanjem (kopulacijom) stvaraju novu stanicu, t. zv. zigotu.

gametofit (*γαμέομαι* = ženim se, *φυτόν* = biljka); spolna generacija u razvoju svake biline.

geokarpija *γῆ* = zemlja, *καρπός* = plod); pojava, da sjemenke nekih bilina dozre u zemlji.

geotropizam (*γῆ* = zemlja, *τρόπος* = okret); gibanje biljnih organa u smjeru sile zemaljske teže ili kojemu je uzrokom teža.

gonidije (*γονοειδής* = sjemenu sličan); stanice alaga, koje žive simbiotički s gljivom i čine lišaje.

gonospore (*γονή* = rađanje, *σπορά* = sjeme); spore ili truske, k je nastaju na spolni način stapanjem dviju jezgara.

gutacija (lat. *gutta* = kaplja); izlučivanje vode na lišću u kapljama.

Halofiti (*ἅλς, ἁλός* = sol, *φυτόν* = biljka); biljke, koje žive na slanom tlu i imaju kserofitni značaj.

hamefiti (*χαμαί* = na zemlji, *φυτόν* = biljka); biljke, kojih se pupovi nalaze na zemlji ili tek malo nad zemljom (Raunkiaer).

haptotropizam (*ἅπτομαι* = prihvaćam se, dotičem se, *τρόπος* = okret); gibanje biljnih organa, koje nastaje od dodira, a biva kao kod povijuša prislanjanjem uz podlogu.

hasmogamija (*χάσμα* = cijev, *γάμος* = ženidba); oplodnja u otvorenom svijetu (za razlikovanje od klistogamije).

helofiti (*ἕλος* = močvara, *φυτόν* = biljka); biljke, koje žive na mačvarnu tlu.

hemiparasiti (*ἥμι* = pola, *παράσιτος* = onaj, koji s kim ili kod koga jede ili koji mukte jede kod tuđega stola), polunametnice; biljke, koje ne primaju svu hranu od svojega domadara, na kojem žive, te mogu asimilirati ugljik iz zraka, kao n. pr. imele.

hersofiti (*χέρσος* = suh, neplodan, *φυτόν* = biljka); biljke, koje rastu kao drač na ruderalnu tlu uz naselja.

heterostilija (*ἕτερος* = drugi, *στῦλος* = stup); pojava, da se vrat pestića ili njuška nalazi u raznim cvjetovima iste vrste u raznoj visini i dužini; ima dimorfna i trimorfna heterostilija.

hibrid (lat.); isto što i bastard.

hidatode (*ὑδατώδης* = voden); organi, koji služe izlučivanju vode kapljicama (gutaciji).

hidrofiti (*ὕδωρ* = voda, *φυτόν* = biljka); biljke, koje žive u vodi.

hidrogamija (*ὕδωρ* = voda, *γάμος* = ženidba); oplodnja putem vodenim, napose u cvjetnjača prenošenjem polena vodom.

hidrohorija (*ὕδωρ* = voda, *χωρέω* = mičem se); rasprostranjivanje sjemena vodom.

hidrotropizam (*ὕδωρ* = voda, *τρόπος* = okret); gibanje biljnih organa, koje nastaje od vlage.

hifa (*ὑφή* = tkanje); gljivna stanica nitasta oblika.

higrofiti (*ὑγρός* = vlažan, *φυτόν* = biljka); biljke, koje žive na vlažnim staništima.

himenij (*ὑμήν* = tanka koža); sloj plodnih hifa kod gljiva.

hitin; dušična tvar ($C_{18}H_{30}N_2O_{12}$), od koje se sastoje membrane gljivnih hifa.

hlamidospora (*χλαμύς* = ogrtač, *σπορά* = sjeme); osobita vrsta trusaka ili spora, koje nastaju od vegetativnih stanica, ako se one ogrnu posebnom jačom membranom.

hlorofil (*χλωρός* = zelen, *φύλλον* = list); lisno zelenilo, boja ili mastilo, kojim su omaštena osobita plazmatska tjelešca u stanici lista, u t. zv. hloroplasti.

hromoplasti (*χρῶμα* = boja, *πλάσσω* = gradim); žuta tjelešca u biljnim stanicama, od kojih potječe žuta boja, n. pr. u žutih cvjetnih latica.

hromosomi (*χρῶμα* = boja, *σῶμα* = tijelo); osobita plazmatska tjelešca, na koja se raspadne stanična jezgra za dijeljenja; značajna su time, da se lako bojadišu raznim bojama.

Insektivora (lat. *insectum* = kukac, *vorare* = žderati); biljke, koje žderu kukce; kukcožderke.

Kambij (novolat. *cambium* = sok, životni sok); sočno staničje među drvom i korom, koje služi stvaranju novih stanica ili debljanju.

kariokineza (*κάρυον* = jezgra, *κίνησις* = gibanje); osobiti način dijeljenja jezgre; isto što i mitoza.

karnivora (lat. *caro* = meso, *vorare* = žderati); mesoždere biljke; isto što i insektivora.

kauzalnost (lat. *causa* = uzrok); uzročnost.

kemotropizam (*τρόπος* = okret); gibanje biljnih organa, koje nastaje od kemičkih podražaja.

kinospore (*κινέομαι* = gibam se, *σπορά* = sjeme); sve truske, koje se samostalno giblju.

klinostat (*κλίνομαι* = nagibljem se, *στάτης* = stalak); stroj, kojim se, nagibljući biljne organe, može izlučiti djelovanje jednostranoga podražaja svijetla ili teže.

klistogamija (*κλειστός* = zatvoren, *γάμος* = ženidba); oplodnja u zatvorenom cvijetu.

koloidi (*κολλο-ειδής* = kelju ili tutkalu sličan); tvari, koje teško ili nikako ne prolaze kroz životinjsku membranu i teško ili nikako se ne mogu leditì (kristalizovati).

komensalizam (lat. *con* = zajedno, *mensa* = stol); »*commensales*« su oni, koji sjede za istim stolom; u biologiji znači pojavu udruživanja bilja u zajednice na istom t. j. jednakom tlu.

konidije (*κωνίδιον* = šiljčić); truske ili spore, koje nastaju odjeljivanjem hifa (na kraju) u gljiva.

konjugacija (*conjugatio* = spajanje); spajanje dviju spolnih jezgara.

kormofiti (*κορμός* = panj, dio stabla, *φυτόν* = biljka); biljke stablašice, kod kojih možemo razlikovati glavne organe: list, korijen i stabljiku.

kriptofiti (*κρυπτός* = skriven, *φυτόν* = biljka); biljke, koje imaju pupove skrivene u tlu (Raunkiaer).

ksenogamija (*ξένος* = stran, *γάμος* = ženidba); isto što i alogamija, strana oplodnja.

kserofiti (*ξηρός* = suh, *φυτόν* = biljka); biljke osobite građe, prilagođene suhoj klimi.

ksilem (*ξύλον* = drvo); drvenasti dio u žilama; sastoji se od cijevi ili

traheja, parenhima, libriforma i traheida; služi provođenju vode.

Lijane (franc. od *lier* = vezati); isto što i biljke povijuše i penjačice.

libriform (lat. *liber* = liko, *forma* = oblik)» staničje u drvenastom dijelu žilja (ksilemu), a sastoji se od produženih, odebljalih i drvenastih stanica, koje služe učvršćenju.

lignin (lat. *lignum* = drvo); tvar, od koje se sastoji drvenasta membrana; to je smjesa raznih tvari, kao koniferina, vanilina, metilfurfurola i t. d.

lihenizam (*λειχήν* = lišaj); simbiotički odnošaj alge i gljive u lišajima.

Malakogamija (*μαλακός* = mekan, *γάμος* = ženidba); prenošenje polena puževima.

makija (talij. *macchia*, franc. *maquis*); zasebna biljna zadruga u primorju Sredozemnoga mora, zimzelena, tvrdolisna, grmovita guštara

makrosporangij (*μακρός* — velik, *σπορά* = sjeme, *ἀγγεῖον* = posuda); trusnik sa velikim sporama u nekih paprati; u cvjetnjača su makrosporangiji identični sa sjemenim zametom.

makrosporofil (*μακρός* = velik, *σπορά* = sjeme, *φύλλον* = list); izdanak ili list, koji nosi makrosporangije, kao kod paprati; plodni listovi ili karpidi, od kojih se gradi plodnica.

meristem (*μερίζω* = dijelim, *στήμων* = osnova tkanja); tvarno staničje, koje se nalazi u dijeljenju.

mehanizam (*μηχανή* = sprava, stroj); u biologiji znači nauku o tumačenju životnih pojava fizičkim i kemičkim načinom.

mesofil (*μέσος* = srednji, *φύλλον* = list); staničje u sredini lista.

mesofiti (*μέσος* = srednji, *φυτόν* = biljka); biljni tip između higrofita i kserofita, prilagođen srednjoj vlazi i toplini.

micelij (*μύκης* = gljiva); staničje gljiva građeno od hifa.

mikoriza (*μύκης* = gljiva, *ρίζα* = korijen); simbiotički odnošaj raznih gljivica, koje žive u korijenju bilja.

mikrofilija *μικρός* = malen, *φύλλον* = list); bilje sa malenim listovima.

mikrokosmos (*μικρός* = malen, *κόσμος* = svijet); svijet, koji se vidi samo mikroskopom.

mikron (*μικρός* = malen); mikroskopsko mjerilo; 1 mikron = 0.001 milimetra.

mikroskop (*μικρός* = malen, *σκοπέω* = gledam); sitnozor, sprava, kojom motrimo sitne predmete uvećano.

mikrosomi (*μικρός* = malen, *σῶμα* = tijelo); tjelešca ili sitna zrnca, koja se vide u staničevini.

mikrosporangij (*μικρός* = malen, *σπορά* = sjeme, *ἀγγεῖον* = posuda); trusnik, u kojem se nalaze malene ili muške truske; u cvjetnjača su to to antere ili prašnice.

mikrosporofil (*μικρός* = malen, *σπορά* = sjeme, *φύλλον* = list); list, koji nosi mikrosporangije.

mirmekofilija (*μύρμηξ* = mrav, *φιλέω* ljubim); pojava udruživanja mrava s nekim višim biljkama.

mirmekohorija (*μύρμηξ* = mrav, *χωρέω* = mičem se); rasprostranjivanje sjemenja mravima.

mitoza (*μίτος* = konac); isto što i **kariokineza**.

monecija (*μόνος* = sam, jedan, *οἶκος* = kuća); jednodomnost, slučaj, kad se jednospolni cvjetovi nalaze na istom stablu.

monokotiledone (*Monocotyledones*, *μόνος* = sam, jedan, *κοτυληδών* = sisalica, hvatalica; v. **dikotiledone**); jednosupnice.

morfologija (*μορφή* = oblik); nauka o obliku, oblikoslovlje.

Nanoplankton (*νάνος* = patuljak); sitni plankton; vidi **plankton**.

nektariji (*νέκταρ* = piće bogova); organi, koji izlučuju sladak sok (nektar); nalaze se poglavito u cvjetovima (floralni nektariji), ali ih ima i na drugim organima, kao: na lišću, peteljkama (ekstrafloralni nektariji).

nekton (*νήχω* = plivam); svijet organizama, koji svojom snagom mogu plivati slobodno u vodama.

nitrifikacija; biološko pretvaranje (oksidacija) amonijaka (NH_3) u dušičnu kiselinu (NHO_3) s pomoću osobitih bakterija.

nukleus (lat. *nucleus* = zrno); stanična jezgra.

Ombrofilija (*ὄμβρος* = kiša, *φιλέω* = ljubim); prilagodba bilja kiši; ombrofilno bilje voli kišu.

ombrofobija (*φοβέομαι* = bojim se); ombrofobno bilje ne podnosi kiše.

oogonij (*ᾠόν* = jaje, *γονή* = rađanje); ženski spolni organ u alaga i gljiva s jajnom stanicom.

oospora (*ᾠόν* = jaje, *σπορά* = sjeme); truska, koja je nastala oplodnjom od jajeta.

organografija (*ὄργανον* = sprava, ustroj, *γράφω* = opisujem); nauka o ustroju, t. j. o obliku i postanku organa.

osmoza (*ὠσμός* = pritisak); difuzija tekućina ili otopina kroz membranu.

Pampas, vrsta kserofitnih travnjaka u južnoj Americi; u principu isto što i stepa ili pustopoljina.

parasiti (*παράσιτος* = onaj, koji se hrani od drugoga, na tuđi račun); nametnici; organizmi, koji žive na drugim živim organizmima, dobivajući od njih gotovu hranu.

parenhim (*παρ-έγ-χυμα* = priljevak); staničje od više ili manje okruglih tankostjenih stanica.

partenogeneza (*παρθένος* = djevica, *γεννάω* = rađam); djevičansko rađanje, t. j. nastajanje embrija ili zametka od jajeta bez oplodnje.

paulospore (*παῦλα* = počinak, *σπορά* = sjeme); truske, koje nastaju od vegetativnih stanica, a omotane su debelim stijenama, te služe kao trajne spore.

pelagijal (*πέλαγος* = more); život u moru; organizmi, koji lebde i plivaju.

pelofiti (*πηλός* = glina, ilovača, *φυτόν* = biljka); biljke, koje žive na tvrdu ilovastu tlu.

periderma (*περί* = okolo, *δέρμα* = koža); kožno staničje od plutastih stanica na dvogodišnjim i višegodišnjim biljnim organima.

pirenoid (*πυρην-ο-ειδής* = jezgri, koščici sličan); tjelešca u hromatoforima (hloroplastima) alaga, oko kojih kao oko žarišta nastaje škrob.

plazmodezmije (*δεσμός* = svežanj); plazmatske niti, koje spajaju stanice među sobom.

plazmoliza (*πλάσμα* = oblik, *λύσις* = odrješenje); odrješenje

plazme od membrane poradi dodavanja osmotskih otopina stanici.

plankton (*πλαγκτός* = odbit, lebdeći); mikroskopski svijet organizama u moru, jezerima i u ostalim vodama, koji provodi život lebdeći.

plektenhim (*πλεκτός* = pleten, *ἔγ-χυμα* = naljevak); pletivo, nepravilno pleteno staničje od gljivnih hifa.

polen (lat. *polen, inis* = prah poput brašna), isto što i pelud, naime cvjetni prah ili mikrospore, koje nastaju u prašnicama. »Pelud« je riječ skovana od češke riječi »pel« (cvjetni prah), a prema usmenom saopćenju prof. dra. Maretića ta riječ ni na koji način nije dobro složena, ne valja i ima se zamijeniti boljim izrazom. Unosim u ovoj knjizi riječ latinskog podrijetla »polen« — a to i prof. Maretić odobrava —, koju upotrebljavaju jednako i Nijemci, Francuzi i Englezi u naučnoj literaturi kao terminus technicus za cvjetni prah.

poligamija (*πολύς* = mnogi, *γάμος* ženidba); mnogoženstvo, t. j. pojava, da ista biljka ima jednospolne i dvospolne cvjetove u raznoj razdiobi.

protalij (*πρό* = prije, *θαλλός* = grančica); klica od paprati, na kojoj se razviju spolni organi.

protandrija (*πρῶτος* = prvi, *ἀνήρ ἀνδρός* = muškarac); pojava, kad u cvijetu prije dozre prašnici nego pestići.

protoginija (*πρῶτος* = prvi, *γυνή* = žena); pojava, kad u cvijetu prije dozri pestić nego prašnik.

protonema (*πρῶτός* = prvi, *νῆμα* = nit); klica maha, koja se razvije od truske, a naliči na niti alaga.

protoplazma; isto što i plazma ili staničevina.

psamofiti (*ψάμμος* = pijesak, *φυτόν* = biljka); bilje, koje živi na pješčanu tlu.

pseudopodiji (*ψευδής* = varav, *πούς, ποδός* = noga); izbojci plazme poput nožica, kojima se gibliju amebe.

psihrofiti (*ψυχρός* = hladan, studen, *φυτόν* = biljka); bilje hladnoga tla (Warming).

Rafidi (*ῥαφίς* = igla); iglasti leci kalcijeva oksalata u svežnjićima.

reotropizam (*ῥέος* = tok, *τρόπος* = okret); gibanje biljnih organa po tom, što struji voda.

rizoidi (*ῥίζο-ειδής* = korijenu sličan); korijenu slični organi alaga, gljiva i mahova.

Saprofiti (*σαπρός* = gnjio, *φυτόν* = biljka); biljke, koje se hrane organskim gnjiležem, kao mnoge gljive i bakteriji.

savana; biljna zadruga u toplim krajevima Amerike i Afrike, a sastoji se od visokih kserofilnih trava, medju kojima pojedinačno rastu neki grmovi ili drveta.

simbioza (*σύν* = zajedno, *βίος* = život); zajednički život raznolikih organizama. U užem smislu znači sinharmoničku, celularnu zajednicu dvaju heterogenih organizama (Vouk).

sinekologija (*σύν* = zajedno, *οἶκος* = kuća); nauka o biljnim zadrugama i o odnosu njihovu prema vanjskom svijetu (Schroeter).

sinharmonija (*σύν* = zajedno, *ἁρμονία* = sklad); skladni ili harmonijski odnos organizama medju sobom (Vouk).

sizmonastija (*σεισμός* = potres); gibanje, koje nastaje poradi trešnje, kao kod mimoze.

sklerenhim (*σκληρός* = tvrd, *ἔγχυμα* = naljevak); staničje od tvrdih odebljalih stanica.

sklerofilija (*σκληρός* = tvrd, *φύλλον* list); bilje s tvrdim, kožnatim lišćem.

sorediji (*σωρός* = rpa, *σωρηδιον* = rpimice); vegetativni rasplodni organi u lišaja; dijelovi steljke lišajne u nakupinama, koje se odijele od materina tijela.

spermaciji (*σπερμάτιον* = sjemenčica); negibljive muške spolne stanice u crvenih alaga ili rodoficeja.

spermatozoidi (*σπέρμα* = sjeme, *ζωοειδής* = životinji sličan); gibljive muške spolne stanice.

sporofit (*σπορά* = sjeme, trus, *φυτόν* = biljka); nespolna generacija u mahova i paprati, koja se završuje stvaranjem trusa.

sporogon (*σπορά* = sjeme, *γονή* = radjanje); tobolčasti organ mahova, u kojem nastaju spore.

statoliti (*στατός* = metnut na vagu, *λίθος* = kamen); statolitne su stanice organi, koji služe za osjećanje položaja prema sili teže.

sterilizacija (lat. *sterilis* = neplodan); način, kako se ugrijavanjem rješavaju organske tvari bakterijskih i gljivnih klica.

sukulente (lat. *suculentus* = sočan); bilje s mesnatom stabljikom ili mesnatim lišćem.

Teleologija (*τέλος* = svrha, cilj); nauka u biologiji, koja tumači životne pojave sa stajališta svrhovitosti.

teleutospore (*τελευτή* = konac, kraj, *σπορά* = sjeme); osobite spore kod gljiva pikaca ili uredineja *(Uredineae)*.

termotropizam (*θερμός* = topao, *τρόπος* = okret); gibanje biljnih organa po tom, što su temperature različne.

terofiti (*θέρος* = ljeto); jednogodišnje biljke, koje prezimljuju sjemenkama (Raunkiaer).

tigmotropizam (*θίγμα* = dodir, *τρόπος* = okret); gibanje, koje nastaje poradi mehaničkoga dodira.

traheida (*τραχεῖα* = dušnik); stanica produžena, na krajevima zaobljena, s ogradjenim jažicama na membranama, prazna i bez sadržine.

traheja (*τραχεῖα* = dušnik); cijev, koja nastaje fuzijom stanice, da se poprečna membrana rastvori; ima ih razna oblika, a služe kao vodovodne cijevi.

tropofiti (*τρόπος* = okret, *φυτ* = biljka); biljke, koje žive u periodično promjenljivoj klimi; ljeti su takove biljke higrofiti, a zimi su kserofiti, kao n. pr. naše listopadno drveće.

turgor (lat. *turgor*); napetost stanice poradi unutarnjega poglavito osmotskoga tlaka.

Vakuola (lat. *vacuus* = prazan); prostor u stanicama u obliku mjehurića ispunjen staničnim sokom.

vitalizam (lat. *vita* = život); nauka o tumačenju životnih pojava posebnom »životnom silom«, jer fizika i kemija tobože ne mogu a niti će igda moći dostajati za tumačenje.

Zigospora (*ζυγόν* = jaram, *σπορά* = sjeme); spora, koja nastaje spajanjem dviju vegetativnih stanica, kao u nekih alaga *(Zygophyceae)* i nekih gljiva *(Zygomycetes).*

zoidiogamija (*ζωίδιον* = životinjica, *γάμος* = ženidba); prenošenje polena životinjama.

zoohorija (*ξῷον* = životinja, *χωρέω* mičem se); rasprostranjenje sjemenja životinjama.

zoospore (*ζωος* = živ, *σπορά* = sjeme); truske budilice, koje se gibljju trepavicama.

Kazalo.

Acetabularia 156
Adansonia digitata 204
aerenhim 210
aerofiti 133
aerotropizam 76
aktinomikoza 254
Aldrovandia 143
aleuron 13
alge crvene 161
alge smeđe 160
alge termalne 165
alge zelene 153
alogamija 310
alkoholno vrijenje 179
amebe 33
amfibije među biljem 207
amicia Zygomeris 112
Amorphophallus Rivieri 56
anaerobne bakterije 190
anemogamija 319
anemohorija 342
Anemone stellata 74
androdiecija 309
andromonecija 309
ambrozija šiške 262
anteridiji u mahova 294
anteridij u paprati 296
Anthophysa 148
autotrofna biljka 128
antropohorija 349
apogamija 308
apoteciji 292
Arceuthobium 134
arhegoniji u mahova 294
arhegonij u paprati 296
asimilacija atmosferskog dušika 253
asimilacija ugljika 101
askus 289
asocijacije bilja 233
auksanometar 58, 59
auksospora 284
autofertilne biljke 310
autogamne biljke 310
autosterilne biljke 315
Avena sativa 69
Bacterium radicicola 252
bakterije 36
bakterije, kultura 185
bakterije, njihov život 181
bakterije, oblik 181
balanofora 135
Basidiomycetes, rasplod 289
bazidije 290
benthos 166
Bidens Beckii 208
biljni san 111
biofori 111
biologija, značenje 2—3
bionomija 5
bjelogorična šuma 245
bromelije 132
Bryum 80
Byblis 138
Calamus Rotang 129
Carnivora 137
Caulerpa 156
cecidije 269
Cecropia 263
celuloza, 17
cenobij 156
centralni valjak 87
Ceratium 149

Chara 67
Characeae, rasplod 283
Chytridineae, rasplod 286
cianoficeje 151
cianoficije, rasplod 278
cirkumnutacija 130
Claviceps purpurea, rasplod 290
Coniferae, rasplod 303
cretovi 236
crnogorična šuma 248
Cycadinae, rasplod 302
Cynomorium 135
čarobni krug 175
Darlingtonia 138
desmidijaceje 35
desmidije 156
diageotropizam 71
diatomeje 35, 150
Dictyophora 174
dihogamija 315
dijeljenje, stanice reduktivno 284
Dinoflagellata 149
Diatomeae 143
disanje 52, 53
domacije 267
Dracaena Draco 118
Drosera 141
drvo, gradja 117,
drvo, obujam 117
dušik, asimilacija atmosferskog N 95
Ecidiospore 292
ekologija, značenje 3—4
elaiosomi 349
embrionska kesa 306
encimi ili fermenti 43
enharmonija 231
epharmonija 231
epifiti 132
Equisetales, rasplod 298
etiolment, 61
etologija, 4
euglena 147
fanerofiti 228
feofil 150
fermenti ili encimi 42, 43
finalnost 2
fitoplankton 168
Fittonia Verschaffelti 109
flagelati 35, 145, 146
floem 82
formacije biljne 233
fotobakterije 218
fotometar 212
fotometrijsko lišće 214
fototropizam, indukcija 67
fragmentacija jezgre 27
Fucus, rasplod 282
Fungus melitensis 135
Gamete 280
garigues 242
generatio spontanea 183
geokarpija 350
geotropizam 70
gibanja fototropna 65
ginodiecija 309
ginomonecija 309
gitonogamija 314
Ginkgo biloba 304
gnojitba ugljikom 105
gnojiva umjetna 96
gomoljići leguminoza 94
gomoljići » 252
gonospore 293
gutacija 122
Halofiti 223
hamefiti 228
haptotropizam 131
haraceje 159
hasmofiti 221
Hedera helix 129
Heliamphora 138
heliotropizam 65
helotizam 259
hemikriptofiti 228
hemiparasiti 134
herkogamija 316
heteranterija 332
heterociste 152
heterostilija 317

hidatode 122
hidrohorija 345
hidrotropizam 74
hifa 171
higrofiti 200, 205
himenij 289
hlamidospore 293
hlorofil 97
hloroplasti, gibanje 217
homogamija 315
hromosomi, 26
humus 225
Hydropteridales 298
Hydrurus foetidus 148
Imela 133
imelica sitna 134
imela žuta 134
izlučine, 125
jažice ogradjene 15
jezgra ili nucleus 9
jezgrica ili nucleolus 12
Kalcijev cijanamid 94
kaliptra 87
kambij 117
kamenjara 242
Kariokineza 25, 26
karotin 97
kaprifikacija 327
kaučuk 126
kauzalnost 2
kemotropizam 76
kinospore 293
klijanje 41, 42
klistogamija 314
Knopova otopina 91
kolanje sokova 114
kolanje vode 119
koloidi 10
komensalizam 232
konidije 287
korijenove dlačice 88
Korijen, građa 87
konjugacija 283
kremenjašice 35
kremenjašice 150
kriptofiti 228
kristali kalcijeva oksalata 13
ksantofil 97
ksenogamija 310
kserofiti 200
kserofitne prilagodbe 201
ksilem 82
kvasovac 27, 178
Lemna trisulca 216
Lichtgenuss 211
lihenizam 193
lijane 130
liko 15, 82
lila ili lup 115
Linaria Cymbalaria 66
list, građa 97
lišaji oblici 192
Lithothamnion 162
livada 235
Lycopodiales, rasplod 299
mahovi, građa stabljike 80
makija 242
malakogamija 340
mehanizam 2
membrana stanice, kemizam 17, 18
Mendelov zakon 355
meristem 40
mesoždere biljke 137
micele 11
micelij 172
mikocecidije 262
mikoriza 255
mikrofilija 203
miksomicete, razvoj 28, 29
mimikry 275
Mimosa pudica 111
mirmekofilija 126, 263
mirmekohorija 348
mliječni sok 125
Mnium 80
monsunska šuma 245
Morchella, rasplod 289
Mucor 65
Mucor, rasplod 288
Myxobcteriaceae rasplod 285

nanoplankton 169
nektariji 126, 323
nektariji ekstrafloralni 266
Nepenthes 139
nitragin 95
nitrifikacija 93, 188
nucleus ili stanična jezgra 9
Oedogonium 155
oidij 173
ombrofilija 206
omorika 247
oospora 283
oplodnja dvostruka 307
ornitogamija 339
osjetilni organi za percepciju svijetla 109
osjetne jažice 131
osjetilni organi 131
osjetne papile 131
osmoza 21
Ouvirandra fenestralis 209
ozorina 136
pampas 239
panfotometrijsko lišće 216
pangene 11
paprati, građa stabljike 81
parafiza 289
parasiti 133
parenhim 15
partenogeneza 308
paulospore 293
penjačice 129
periderma 115
Peridineae 149
peridinije 35
period počinka, metod eskraćivanja 48, 49
peronospora 173, 286
Phaeophyceae 160
phrygana 242
Phycomyces 65
Pinguicula 137, 144
pirenoidi 156
plankton 35, 156, 166
plazma 9
plazma, brzine gibanja 32
plazma, gibanje 30, 31
plazma, teorije o strukturi 11
plazmodezmije 113
plazmoliza 23
plektenhim 172
Pleurococcus 153
plijesni 175
pluto ili periderma 115
podosteme 211
podražaji 64
podražaj, percepcija 68
Polytrichum 80
porožnice 159
potajnica 135
povijuše 129
prezentacija kod fototropizma 68
prilagođivanje 195
primordijalne stanice 9
prokambij 87
prosenhim 15
protalij 296
protandrija 315
protisti 6
protoginija 315
protonema 293
psamofiti 221
psihologija bilja 359
Puccinia graminis 291
puči 99
pupanje 47
pustopoljina 238
raflezija 136
rastenje bilja 61, 62
Rhizomorpha 217
Rhizophora 223
ruderalne biljke 93
Saccharomyces cerevisiae 27, 28
Saccharomyces rasplod 289
Santalaceae
saprofiti 174
saprolegnije 286
Sarracenia 138

savana 240
Schistostega osmundacea 215
scrub 243
Selaginella, rasplod 300
sumporne baterije 189
sensitivne biljke 111
Silicoflagellata 149
simbioza 232
simbioza alaga 258
simbioza, definicija 251
sinusov žakon 72
sinharmonija 231
sinekologija bilja 232
sizmonastičko gibanje 111
sjemenka, građa i sastav 39
sklereide 15
sklerenhim 15
sklerocij 209
sklerofilno bilje 203
smokva oplodnja 326
smolenica 127
socijalno bilje 232
sorediji 292
sporangij 279
sporidije 291
sporofil 298
sporogon 295
sporokarpiji 298
spermacij 283
spermatozoidi, gibanje 77
Spirogyra 155
stabljika dikotilna 83
stabljika monokotilna 82
stanica ili ćelija 8
stanica, dijeljenje 25, 26
stanica, fizikalne osobine 2, 22
stanica, tipovi 15, 16
staničevina ili plazma, svojstva 9
stanični sok 9, 12
staničje tvorno 40
statoliti 74
stepa 238
sterilizator 184 184
stome 99
sukulentno bilje 201
superfostati 96
šibljak 243
škrob 14
talidiji 350
Taxodium distichum 118
teleutospore 291
teleologijsko tumačenje 2
termotropizam 74
terofiti 228
tetrasporangij 280
tjemenište 87
tomillares 242
traheide 15
transpiracija 113
traverze 84
tresave 236
Thiobacteria 189
triecija 309
trimonecija 309
Trypanosoma 148
tropizmi 65
tropofiti 207
tropska kišna šuma 244
tundra 234
turgor 22
ugljik, asimilacija 101
uljenica 127
Ulothrix 155
ultramikroorganizmi 37
ultramikroskop 37
upijanje vode 121
uredospore 291
Utricularia 138, 139
vakuola 10
Vallisneria, oplodnja 310
vapnenačke inkrustacije 165
vapnene biljke 224
vapneni dušik 94
vegetacijski vrh 87
Victoria regia 55, 57
vitalizam 2
vitice 130
Viscum album 133
vodene kulture 91

vodeni kapacitet tla 89
Volvox 154
volovode 134
vriština 242
Weber-Fechnerov zakon 78, 79
Welwitschia mirabilis 305
Zigospora 284
zigota 281
Zimzelena sklerofilna šuma 248
zoidiogamija 321
zoohlorele 258
zoohorija 346
Zoophagus insidians 180
zoospore 278
Zygnema 155
železne bakterije 190
žile 81
život, oznake života 5
žlijezde 127